

Impactos ambientales generados por el dique del río Pindo en Shell cantón Mera

Environmental impacts generated by the dam of Pindo river in Shell, canton of Mera

Ricardo Abril¹, Leo Rodriguez¹, Ricarda Landázuri Pualacin²,
Julissa Santi Salazar²

¹Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

²Graduadas Universidad Estatal Amazónica Carrera de Ingeniería Ambiental
ricardo.abril.saltos@gmail.com

Resumen

Este estudio muestra los principales impactos ambientales generados por las instalaciones del dique ubicado en el río Pindo, parroquia Shell, cantón Mera. Se levantó información de diversidad vegetal, caudales, calidad ambiental de agua en función de parámetros físico químico, microbiológico y macro invertebrados como indicadores de calidad de agua, se desarrolló encuestas para determinar la aceptabilidad y relación social del proyecto. Los muestreos se realizaron en la cuenca alta del río, tomando 6 puntos de muestreo de agua en el río y 2 en sus afluentes. En la valoración de impactos se aplicó la fórmula de Importancia de Conessa Fernández – Vítora. En cuanto a los aspectos valorados, se concluye que el área de influencia posee una gran diversidad vegetal, en su mayoría se encuentra bosque secundario de realce, la calidad de agua presenta una buena calidad hasta el sector de Sacha Runa, mientras que en el dique presenta una calidad regular, y el sector posterior al dique se presenta agua de buena calidad. En el análisis de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua, el sector del dique presenta peores condiciones de calidad de agua, mientras que los sectores Sacha Runa y después del dique, presentan condiciones de calidad regular en los monitoreos realizados. Los principales impactos generados están relacionados con generación de residuos sólidos y aguas residuales de las instalaciones y zonas aledañas. En general el proyecto tiene influencia en la actividad socioeconómica de la población.

Palabras Claves: Biodiversidad, calidad de agua, impacto ambiental.

Abstract

This research shows the major environmental impacts that are generated for the dam installs, located in Pindo River, parish Shell, Mera canton. Information about vegetation, ecosystems, flows, and environmental quality for water in function was collected of physical-chemical, microbiologic, parameters and macro invertebrates as water quality indicators. Polls to determinate the social acceptability for the project were developed. The sampling was carried out in 6 points for water samples in the river and 2 in their tributaries were taken. The assessment impacts were performed by the importance formula of Conessa Fernandez- Vitoria. We conclude that the installations can be developed in a zone that in the beginning has few population but what this when being populated throughout the years, was influenced by the economics activities of the dam. In the influence area, there a great floristic diversity, showed a secondary forest for enhancement. In environmental water quality, the high basin have a good water quality, in the dam shows a regular quality, and the after dam sector shows good water quality. The analysis of Macro invertebrates shows a worst water quality conditions in the dam sector. The principal impacts are related with the solid waste and waste water generation of the installations in the near zones. In general the project has an influence in socio economics activities to the population.

Key words: Biodiversity, water quality, environmental impact, Social acceptability

Introducción

La necesidad de desarrollo económico, ha planteado nuevas formas de emprendimientos, en las cuales las construcciones de represas en los ríos con fines recreativos genera efectos de represamiento provocando cambios en las condiciones naturales del agua lo cual altera sus condiciones físico, químicas y microbiológicas. La alteración de regímenes en los caudales de ríos asociados con las operaciones de represas, es identificada como una de las principales causas de la

Introduction

The necessity for economic development has brought new forms of ventures, where constructions of dams on rivers for recreational purposes generate blockage which causes changes in natural water conditions that in turn alters their physical, chemical and microbiological conditions. Altered flow regimes in rivers associated with the operations of dams are identified as one of the leading causes of pollution and the

polución y la aparición de especies invasivas Richter *et al.*, (2003). El manejo de instalaciones de represas integra factores ecológicos como riesgo, cantidad y calidad del agua superficial, vida silvestre, habitantes y biodiversidad, cobertura vegetal, nivel de emisiones, demanda ecológica, factores económicos como infraestructura, uso de la tierra, generación de empleo, función de control de caudales y también factores sociales como educación, salud, gobernanza local y nacional Wallace *et al.*, (2003). A su vez estas instalaciones presentan otros fines a parte de la generación de energía hidroeléctrica, como provisión de agua, control de caudales y recreación Baxter (1977).

El objetivo planteado en la presente investigación, fue identificar los principales impactos generados en la calidad ambiental de la micro cuenca del río Pindo por las instalaciones del dique ubicado en la parroquia Shell del cantón Mera, siendo sus objetivos específicos: (i) desarrollar la línea base de calidad ambiental hídrica en el área de influencia del dique de Shell, (ii) realizar un estudio de caudales y retorno, (iii) desarrollar la línea base de la diversidad vegetal, de la zona del área de influencia, (iv) realizar un estudio de micro fauna y macro invertebrados acuáticos, (v) valorar la aceptación socio económica del proyecto, (vi) establecer los principales impactos generados por las instalaciones del dique.

appearance of invasive species Richter *et al.*, (2003). Dam facilities management integrates ecological factors such as risk, quantity and quality of surface water, wildlife, inhabitants and biodiversity, vegetation cover, emissions, ecological demand, economic factors such as infrastructure, use of land, employment generation, flow control function and also social factors such as education, health, local and national government Wallace *et al.*, (2003). In turn, these facilities have other purposes besides the generation of hydroelectric power, such as water supply, flow control, and recreation Baxter (1977).

The stated goal of this research was to identify the main impacts on the environmental quality of Pindo river micro basin facilities produced by the infrastructure of the dam located in the parish of Shell, canton of Mera. Specific objectives are: (i) develop the baseline for environmental quality of water in the area of influence of the dam in Shell, (ii) a study of flow and return, (iii) implement the baseline for plant diversity, on the area of influence, (iv) conduct a study of micro fauna and macro aquatic invertebrates (v) assess the socioeconomic acceptance of the project, (vi) establish the main impacts produced by the dam facilities

Materiales y Métodos

La presente investigación se llevó a cabo en el área de influencia del dique de Shell, realizándose monitoreos de calidad de agua, caudales, diversidad vegetal, macroinvertebrados, aceptabilidad social del proyecto, impactos ambientales generados. Para el análisis de calidad ambiental de agua se tomó muestras compuestas Hadhav (2008) en 6 puntos en el río y 2 en sus afluentes (ver tabla 1, figura 1) registrándose en el campo los valores de pH, temperatura, AWWA (2010), mientras que en el laboratorio se realizaron análisis de oxígeno disuelto, coliformes totales, coliformes fecales, DBO5. El primer punto estuvo ubicado en la parte alta de la microcuenca, y los restantes se ubicaron de acuerdo al gradiente de la población encontrada alrededor Rorig *et al* (2007). Los muestreos se realizaron en los meses de marzo, abril y mayo. Para establecer el índice de calidad de agua se referenció la metodología NSF 1970, Torres *et al* (2009), en donde se aplicó el método de promedio, Fernández Parada y Solano (2005), utilizándose los gráficos de calidad de agua desarrollados por Conessa Fernández (2000)

Materials and methods

This research was conducted in the area of influence of the dam of Shell. Monitorings on water quality, flow of the river, plant diversity, macroinvertebrates, social acceptance of the project, and environmental impacts produced were performed.

Compound samples of water were taken in 6 different spots in the river and 2 in their tributaries (see Table 1, Figure 1) to test their environmental quality Hadhav (2008). pH, temperature and AWWA (2010) values were recorded in the field while analysis of dissolved oxygen, total coliforms, fecal coliforms and BOD5 were performed in the laboratory. The first testing spot was located in the upper part of the watershed, and the remaining ones were located according to gradient of population found around Rörig *et al* (2007). Samples were taken in March, April and May. To set the water quality index, NSF 1970, Torres *et al* (2009) methodology was performed, where the average method was applied, Fernández Stop and Solano (2005), using the water quality graphics developed by Conessa Fernandez (2000).

Tabla 1 Coordenadas geográficas puntos de toma de muestra río Pindo

Puntos	Sector	X	Y	Altitud(msnm)	
Río Pindo	1	Puente metálico	826121	9836188	1085
	2	Praga Sacha	826397	9835629	1060
	3	Sacha Runa	826886	9835093	1050
	4	Antes del Dique	826996	9835568	1040
	5	Dique	827035	9834670	1038
	6	Después del Dique	827192	9834600	1037
Afluentes	7	Río Bravo (afluente)	826130	9836181	1085
	8	Río Yuxunyacu	826894	9835094	1051



Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo

Fuente: (Environmental Systems Research Institute, 2010)

El estudio de caudales se realizó en los mismos sitios de muestreo de agua, estimándose la velocidad con el método de Manning citado por Hudson (1997). Se estimó el caudal máximo de evacuación aplicando el método de la fórmula racional Balci & Sheng (1989), utilizando la información meteorológica proporcionada por Dirección de Aviación Civil (2012) y los nomogramas de Kiprich para estimar la intensidad máxima de precipitación, aplicando el coeficiente de escorrentía de la tabla de Chow et al. citado por Martínez de Azagra Paredes (2006) para un periodo de retorno de 25 años.

The study for volume of water was performed in the same spots used for water sampling. Estimated method of Manning cited by Hudson (1997) was used to record speed. The maximum evacuation flow rate was estimated applying the rational formula by Balci & Sheng (1989). Weather information was provided by the Direction of Civil Aviation (2012) and Kiprich nomograms were used to estimate the maximum intensity of precipitation, also applying the runoff coefficient from Chow et al. table cited by Martinez Azagra Paredes (2006) for a return period of 25 years.

Para el estudio de diversidad de especies vegetales, se dividió al sector en 3 zonas (figura 2), caracterizadas por su formación arbórea, ubicadas la primera entre la estación biológica Pindo Mirador y una trocha en el sector Moravia, la zona 2 entre la trocha del sector Moravia y el puente metálico y la zona 3 entre el puente metálico y el dique de Shell. Se llevó a cabo un muestreo aleatorio, dividiéndose los especímenes en 2 subgrupos, el primero correspondiente a árboles y el segundo correspondiente a arbustos y herbazales,

For the study of plant diversity to be conducted, the sector was divided into 3 zones (Figure 2) characterized by their tree formation, the first one placed between Pindo Mirador biological station and a trail in the Moravia area, zone 2 between trail in the Moravia area and the metal bridge and zone 3 between the metal bridge and the dam of Shell. A random sampling was conducted and specimens were divided into 2 subgroups, the first one corresponding to trees and the second corresponding to shrubs and grasslands.

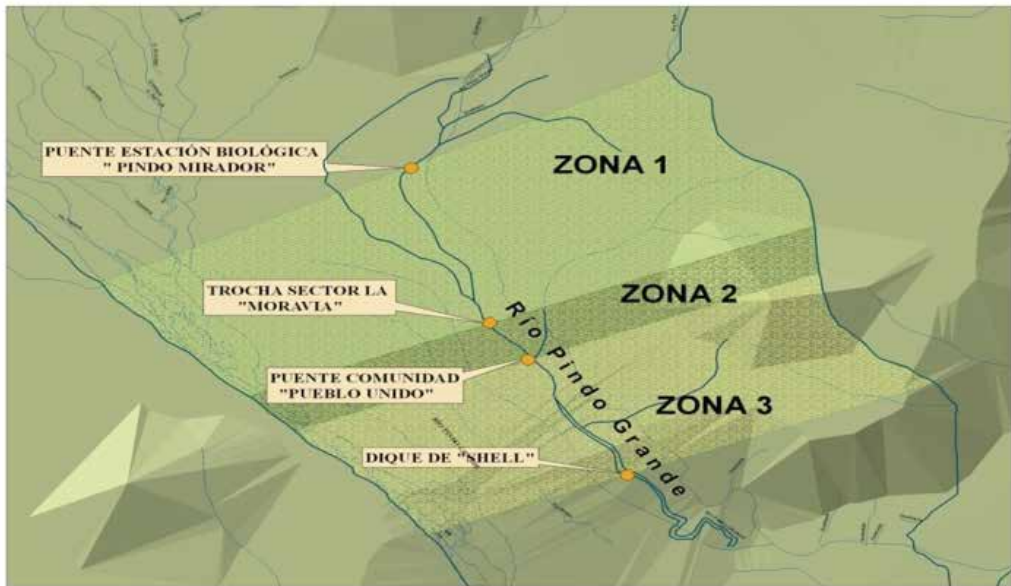


Figura 2. Ubicación de zonas de parcelas de estudio
Fuente: (Environmental Systems Research Institute, 2010)

El muestreo de macro invertebrados se realizó en los meses de agosto y octubre en los puntos Sacha Runa, dique y posterior al dique, se aplicó el análisis de EPT (ephemeroptera, plecóptera y trichoptera) e índice de sensibilidad, Carrera

Macroinvertebrate sampling was conducted in the months of August and October at Sacha Runa dam and post-dam spots, analysis EPT (ephemeroptera, plecoptera and trichoptera) and sensitivity index Carrera Peralvo Reyes & Fierro

Reyes & Fierro Peralvo (2001).

Para estimar la aceptabilidad social del proyecto, se aplicó una encuesta, para lo cual se proyectó el tamaño de la población de la parroquia Shell, en función de los datos del censo, INEC (2010), con un incremento poblacional del 3%, aplicándose la fórmula de tamaño de muestra para poblaciones finitas citada por Morales Vallejo (2011).

Para identificar y valorar impactos ambientales, se aplicó el método fórmula de la importancia establecida por Conessa Fernández (2000),

Resultados

Calidad de Agua

Los resultados de los análisis físico, químico y microbiológicos reportan una variación en las concentraciones de DBO5, coliformes fecales, a medida que se atraviesa los puntos de mayor influencia de la población (antes del dique, dique y posterior al dique). La tabla 2, muestra los resultados obtenidos para los parámetros: oxígeno disuelto, DBO5, Coliformes totales y fecales, pH y temperatura para los 6 puntos de monitoreo en las diferentes fechas.

(2001) were applied.

A survey was conducted to estimate the social acceptability of the project. Population of the parish of Shell was estimated too based on data from INEC census (2010), with a population increase of 3%, applying the formula of finite population size cited by Morales Vallejo (2011).

In order to identify and assess environmental impacts, the method named importance established formula by Conessa Fernández (2000) was applied.

Results

Water Quality

The results for physical, chemical and microbiological tests report a change in BOD5 concentrations and fecal coliforms as it passes through places where most population is found (before the dam, dam and post-dam). Table 2 shows the results obtained for the next parameters: dissolved oxygen, BOD5, total and fecal Coliforms, pH and temperature for 6 sampling spots at different dates.

Tabla 2 Resultados parámetros físico- químicos y microbiológicos

Sector		Puente Metálico	Praga Sacha	Sacha Runa	Antes del Dique	Dique	Posterior al Dique
Parámetro	Fecha de Muestreo						
Oxígeno Disuelto	28-Mar-12	6,2	6,35	6,37	5,66	6,67	5,93
	04-Abr-12	8,34	8,11	7,78	7,32	8,24	8,15
	09-May-12	7,84	7,93	8,07	8,5	7,06	6,7
	14-May-12	7,81	7,8	7,27	7,2	6,69	6,73
DBO5 mg/l	28-Mar-12	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	04-Abr-12	2,0	2,0	4,0	8,0	16,0	48,0
	09-May-12	8,0	4,0	8,0	5,0	9,0	10,0
	14-May-12	14,0	12,0	8,0	8,0	10,0	8,0
Coliformes Totales nmp/100 ml	28-Mar-12	34000	24000	14000	16000	26000	18000
	04-Abr-12	1600	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
	09-May-12	1800	980	1200	2000	800	800
	14-May-12	816	784	520	850	1400	1300
Coliformes Fecales nmp 100 ml	28-Mar-12	22000	12000	11000	12000	12000	3900
	04-Abr-12	160	98	314	800000	900000	290
	09-May-12	1000	200	600	1600	200	160
	14-May-12	248	59	200	600	110	1000
Potencial hidrogeno pH	28-Mar-12	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	04-Abr-12	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	09-May-12	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	14-May-12	7,0	8,0	8,0	7,0	6,0	7,0
Temperatura °C	28-Mar-12	20,7	20,6	20,1	20	21,5	20,1
	04-Abr-12	19,2	19,7	19,3	19,1	19,5	19,7
	09-May-12	20,1	20	21,5	20,1	21,8	22,5
	14-May-12	20,4	21	20,2	21,1	19,3	21,3

Se aplicó el índice WQI, a los resultados obtenidos en las diferentes fechas y puntos de muestreo, considerando los siguientes pesos ponderados (W_i): coliformes fecales (0,23), oxígeno disuelto (0,24) DBO5 (0,17), desviación de temperatura (0,17), potencial de hidrogeno (0,19). Los resultados del índice IiWi (Figura 3) indican que los puntos puente metálico, Praga Sacha y Sacha Runa, muestran mejor calidad de agua que los puntos ubicados cerca de las zonas pobladas (antes del dique, dique y después del dique)

WQI index was applied to the results obtained in different dates and sampling spots, considering the following weighted weights (W_i): fecal coliforms (0.23), dissolved oxygen (0.24) BOD5 (0.17), temperature deviation (0.17), potential of hydrogen (0.19). Iiwi index results (Figure 3) indicate that the spots for the metal bridge, Praga Sacha and Sacha Runa, have better water quality than the spots located near populated areas (before the dam, dam, and after dam)

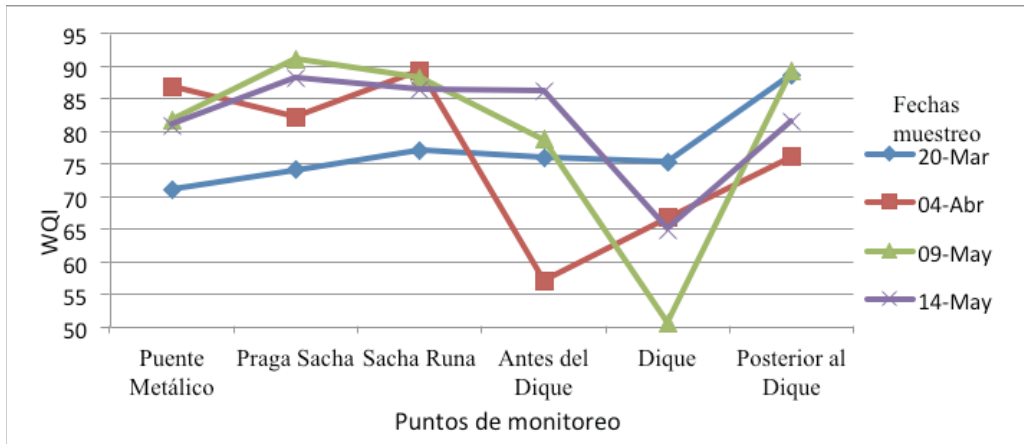


Figura 3. Índice LiWi puntos río Pindo

Los resultados de los análisis físico, químico y microbiológicos realizados en los afluentes río Bravo y Yuxunyacu (tabla 3), muestran una menor concentración de poluentes (DBO5, coliformes fecales), en el río Bravo, ubicado en la parte alta. Mientras que el índice LiWi (figura 4), muestra una mejor calidad de agua en el río Bravo, con respecto al Yuxunyacu.

The results for physical, chemical and microbiological tests in Rio Grande and Yuxunyacu tributaries (Table 3) show a lower concentration of poluentes (BOD5, fecal coliforms), in Rio Grande, located upstream. While the LiWi rate (Figure 4) shows better water quality in Rio Grande regarding Yuxunyacu.

Tabla 3. Resultados parámetros físico-químicos y microbiológicos en afluentes

	Parámetro	Expresado en	28 de marzo	04 de abril	09 de mayo	14 de mayo
Río Bravo	Coliformes fecales	NMP	500	6,0	30,0	34,0
	DBO5	mg / l	2,0	2,0	2,0	12,0
	Oxígeno Disuelto	mg / l	6,46	8,66	7,6	7,33
	Temperatura	°C	21,8	19,8	20,7	21,9
	Potencial hidrogeno	pH	7,0	7,0	7,0	7,0
Río Yuxunyacu	Coliformes fecales	NMP	1300	450	600	1000000
	DBO5	mg / l	2,0	4,0	4,0	5,0
	Oxígeno Disuelto	mg / l	6,31	8,04	7,77	7,31
	Temperatura	°C	22,5	19,9	20,6	21,3
	Potencial hidrogeno	pH	7,0	7,0	7,0	8,0

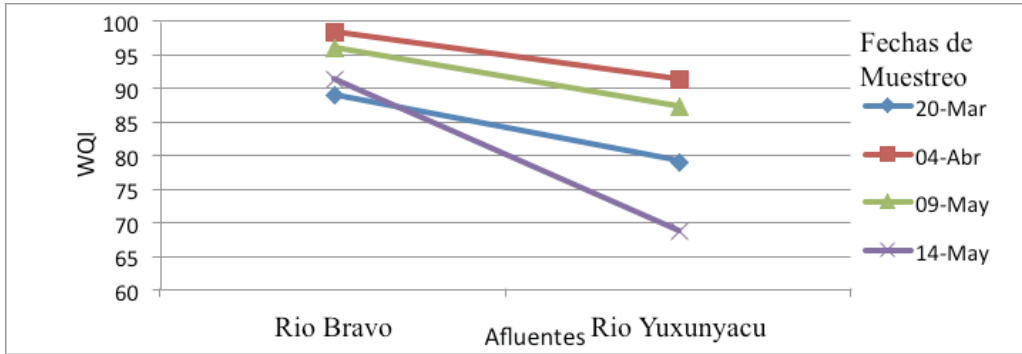


Figura 4. Índice LiWi afluentes

Caudales

En la caracterización de caudales en el río Pindo, se estimó la pendiente en los 6 puntos de muestreo de agua, midiéndose el perímetro y área de mojado, tomándose 3 repeticiones durante 3 horas, realizándose también en los afluentes correspondientes al punto 7 y 8. En base a esto, se observa que el punto 6 ubicado en la cuenca baja, es el que reporta mayor caudal en las diferentes fechas (figura 5), teniendo el caudal un comportamiento similar en todas las fechas de monitoreo.

Flows

For Pindo river flows, the slope was estimated for the 6 water sampling spots by measuring the perimeter and wet area, taking 3 repetitions for 3 hours. The sampling was also performed in the tributaries corresponding to spots 7 and 8. Based on this, it is observed that spot 6, which is located in the lower basin, has the largest flow at different dates (Figure 5) and moreover, it has a similar behavior all monitoring dates.

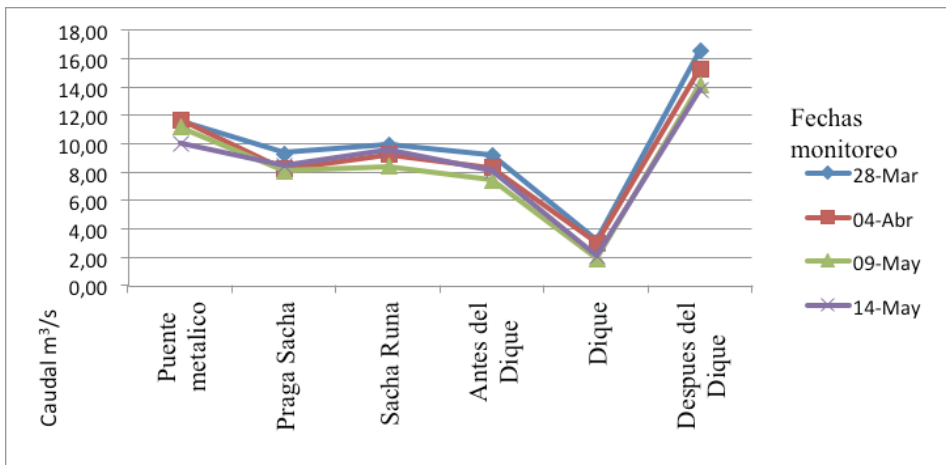


Figura 5. Caudal promedio diario en río Pindo

A su vez en las mediciones realizadas en los afluentes, se evidencia un mayor caudal en el río Bravo con respecto al Yuxunyacu para las diferentes fechas de monitoreo (figura 6)

Masurements made in the tributaries evidence more flow in Bravo river regarding the Yuxunyacu river for different dates of sampling. (figure 6)

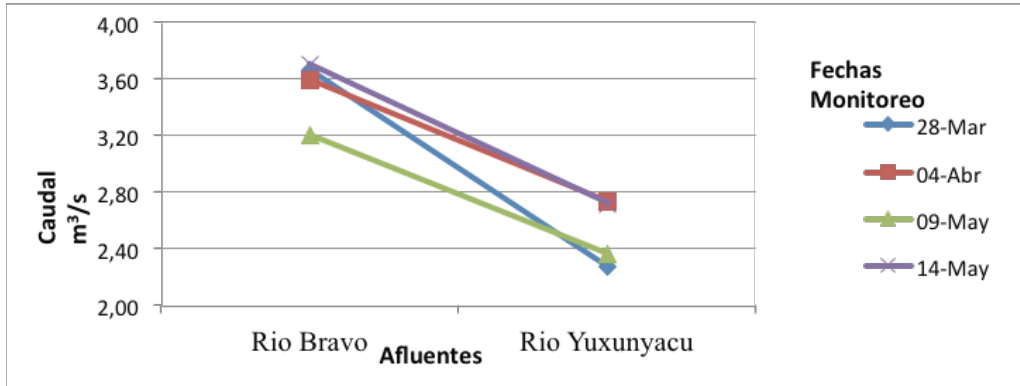


Figura 6. Caudal promedio diario afluentes

En cuanto al cálculo del caudal máximo de evacuación, teniéndose una distancia de 6780,8 m desde el punto más alto de la cuenca hasta el punto posterior al dique y con una diferencia de altura de 212 m, se obtuvo un tiempo de concentración de 0,7 horas y teniéndose las condiciones de una precipitación máxima registrada en 24 horas de 179,8 mm. para un período de retorno de 30 años, se determinó una intensidad máxima de precipitación de 60 mm/h. Se tomó en consideración un coeficiente de 0,31, correspondiente a un periodo de retorno de 25 años y una condición de buena cobertura vegetal, bosques, montes arbolados, pendiente baja (0-2%) y a su vez al tener el área de la cuenca hasta el punto posterior del dique, una extensión de 27,08 Km², se obtuvo un caudal máximo de

In order to calculate the maximum evacuation flow, with a distance of 6780.8 m from the highest spot of the watershed to the post-dam spot and a difference in height of 212 m, the concentration time was of 0.7 hours for a maximum rainfall of 179.8 mm recorded in 24 hours. For a return period of 30 years, maximum rainfall intensity was of 60 mm / h. A coefficient of 0.31, corresponding to a return period of 25 years, with good plant coverage, forests, wooded hills and low sloping (0-2%) conditions were taking into account. A maximum evacuation flow of 139,91 for the lowest spot was obtained in the area that reaches the post-dam spot.

Basin to the rear point of the dam, an area of 27.08 Km², a flow rate was obtained

evacuación de 139,91 m³/s en el punto más bajo.

Maximum evacuation 139,91 m³/s at the lowest point.

Diversidad vegetal

En cuanto a diversidad vegetal en árboles, la zona 1 (tabla 4) presenta una mayor diversidad alfa, mientras que entre las zonas 1 y 3 existe menores niveles de similitud (tabla 5)

Plant Diversity

Regarding tree diversity, zone 1 (Table 4) has a greater alpha diversity, while the area between zone 1 and 3 shows lower levels of similarity (Table 5)

Tabla 4 Diversidad alfa árboles

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Número de Especies	35	30	34
Número de Individuos	168	146	159
Índice de Diversidad de Margalef	6,64	5,82	6,57

Tabla 5 Diversidad beta árboles

	Especies comunes	Índice de Jaccard
Zona 1 y zona 2	20	0,444
Zona 2 y zona 3	17	0,362
Zona 1 y zona 3	18	0,353

Los resultados para especies arbustivas y herbáceas arrojaron que la zona 3 presenta un mayor nivel de diversidad alfa (tabla 6), mientras que entre la zona 1 y 2 se presenta menores niveles de similitud en diversidad beta (tabla 7)

Results for shrubs and herbaceous species showed that zone 3 has a higher level of alpha diversity (Table 6), while the area between zones 1 and 2 has lower levels of beta diversity similarity (Table 7)

Tabla 6. Diversidad alfa arbustos y herbazales

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Número de Especies	107	125	93
Número de Individuos	2863	3729	2749
Índice de Diversidad de Margalef	30,66	34,72	26,75

Tabla 7. Diversidad beta arbustos y herbazales

	Especies comunes	Índice de Jaccard
Zona 1 y zona 2	17	0,08
Zona 2 y zona 3	9	0,05
Zona 1 y zona 3	22	0,11

Macro Invertebrados

El muestreo de macroinvertebrados en los puntos Sacha Runa, Dique y Posterior al dique (tabla 8) muestra una mayor cantidad de tipos e individuos en el sector de Sacha Runa, para las épocas de monitoreo desarrolladas.

Macroinvertebrates

Macroinvertebrate sampling at Sacha Runa, dam, and post-dam spots (Table 8) shows a higher number of types and individuals at Sacha Runa sector for the times of monitoring.

Tabla 8. Resultados muestreo de macroinvertebrados

Clasificación	Sacha Runa		Dique		Posterior al dique	
	Agosto	Septiembre	Agosto	Septiembre	Agosto	Septiembre
Anisoptera	2	3				3
Baetidae	1	1				
Ceratopogonidae			2			
Corydalidae	2	4	1			
Chironomidae	2	1	1			
Elmidae					1	
Euthyplociidae	3		1			
Gastropoda			2		1	
Glossomatidae	2					1
Hydropsichidae		2				
Leptoceridae	3	1			1	
Leptohiphidae						
Leptophelebiida	2	2	7		2	2
Naucoridae	2	4	1		3	
Oligochaeta			3			
Oligoneuridae		2			2	
Paleomonidae	1					
Perlidae	1	1	2			
Philopotamidae		1				1
Psephenidae		1				
Pyralidae					2	
Tipulidae		1			1	
Turbelaria		5	2		5	2
Veliidae	1	8	5		3	5
Zygoptera	4	37			2	

En la determinación de calidad de agua, basados en macro invertebrados para los periodos de monitoreo, agosto (baja precipitación) y septiembre (precipitación normal), el análisis de EPT (tabla 9) muestra resultados más bajos en los sectores dique y posterior al dique, teniéndose resultados similares en el análisis de sensibilidad (tabla 10)

Based on macroinvertebrates monitoring for the periods given, August (low precipitation) and September (normal precipitation), the EPT test (Table 9) for the determination of water quality shows lower results on the dam and post-dam sectors, and it also shows similar results for the sensitivity analysis (Table 10)

Tabla 9. Resultados análisis EPT

	Parámetro	Sacha Runa	Dique	Posterior al
Muestreo agosto	Organismos Totales	26	27	11
	EPT	12	10	4
	% EPT	46	37	36
	Clasificación	regular	regular	Regular
Muestreo Septiembre	Organismos Totales	37	21	18
	EPT	10	5	8
	% EPT	27	24	44
	Clasificación	regular	mala	Regular

Tabla 10. Resultados análisis de sensibilidad

Índice de sensibilidad	Muestreo Agosto			Muestreo Octubre		
	Sacha Runa	Dique	Posterior Al Dique	Sacha Runa	Dique	Posterior al Dique
	89	60	46	103	54	55
Clasificación	buena	regular	regular	excelente	regula	buena

Acceptabilidad y relación social del proyecto

La proyección de la población, muestra para el 2012 en Shell, un aproximado de 11834 habitantes, con lo cual, se estima una muestra de 164 encuestas, llevándose a ejecución 178 en la población aledaña, teniéndose los siguientes resultados:

En la zona aledaña se desarrollan más actividades de vivienda con

Acceptability and social relationship of the project

The projected population for the year 2012 shows that there were approximately 11, 834 habitants living in Shell, of whom, a sample of 164 surveys was estimated, however, in the actual investigation 178 surveys were carried out, resulting in the following:

In the surrounding area, housing activities are developed by 71% of

un 71% de encuestados, seguido por actividades turísticas con un 21%, las viviendas del sector, principalmente albergan a una sola familia en un 65%, poseen vías de acceso de asfalto (53%), servicios de luz (96%), agua (94%), alcantarillado (80%) y servicio telefónico (67%), el 88% de viviendas posee servicio de recolección de residuos sólidos, con una frecuencia diaria. Las viviendas que no poseen servicio de recolección, no tratan adecuadamente el residuo. El 78% de la población dispone de servicio higiénico y en el mismo porcentaje son conducidos al alcantarillado público, quienes no depositan en el alcantarillado, principalmente dirigen sus aguas residuales a esteros (15%). El 80% de los encuestados se encuentra cerca a centros de salud, y un 72 % presenta problemas de salud, considerándose las causas más comunes el clima (49%) y el agua (9%), siendo las enfermedades más recurrentes gripe (54%) y resfriado (16%). Un 52% ha presentado enfermedades después de haber utilizado el dique, siendo las más recurrentes las dérmicas (82%) y respiratorias (16%). Los encuestados en su mayoría visitan el dique en forma semanal (40%) y eventual (23%), los servicios más utilizados son: canchas (63%), toboganes (62%), servicios sanitarios (61%), preparación y expendio de alimentos (62%), la forma más recurrente de visita es en familia (57%) y el 51% de los encuestados no identifica al

respondents, followed by tourism with 21%. The housing accommodations are mainly single-family homes for 65% of the surveyed population, of those homes 53% have asphalt paths, 96% lighting services, 94% water, 80% sewage and 67% telephone services (67%). 88% of the homes have solid waste collection service, on a daily basis. The homes that have no collection service do not adequately treat the waste. Seventy-eight percent of the population has access to toilet facilities that lead to a public sewer that does not deposit the wastewater from the sewage system directly to creeks (15%). Eighty percent of respondents are close to health centers and 72% have health problems because of the most common causes in the area: climate (49%) and water (9%), and diseases such as the recurrent flu (54%) and cold (16%). 52% presented diseases after using the dique, the most frequent being dermal (82%) and respiratory (16%). In general, respondents that visit the dam on a weekly basis is 40% and those that visit sometimes is 23%. The most used services are: tennis (63%), slides (62%), health services (61%), preparation and sale of food (62%). The most recurrent form of visiting the dique is with family (57%). 51% of respondents did not identify the person responsible for dock management. 83% of respondents believed that the dam influences the sector, and is especially important

responsable de administración del dique. El 83% de los encuestados, considera que el dique influye en el sector, siendo factor de importancia la generación de empleo. Las instalaciones son visitadas mayoritariamente por turistas nacionales, siendo fortalecido el sector en sus actividades deportivas, sociales y culturales.

Se considera que con la presencia de las instalaciones del dique han incrementados los problemas ambientales (64%), siendo los principales problemas la generación de residuos sólidos y la generación de aguas residuales; considerándose como las principales fuentes del incremento de los problemas las viviendas y lotizaciones (60%), carretera (45%) e instalaciones turísticas (40%), considerándose por el 65% de la población que las instalaciones están en buen estado, siendo los rápidos del río el elemento paisajístico de mayor relevancia, posee una gran aceptación de la población, con un 79% de aceptación y un 12% de no aceptación.

Evaluación de impactos ambientales

A través de la aplicación del método de la fórmula de la importancia, se determinó un total de 210 impactos, teniéndose impactos positivos sobre generación de empleo, vialidad, redes de caminos, actividades económicas, aceptabilidad social del

factor generating employment. The facilities are visited mostly by tourists, strengthened the sector in its sporting, social and cultural activities.

It is believed that the presence of the dam facilities have increased environmental problems (64%). The main problems being the generation of solid waste and wastewater which are seen as the main sources of the increased problems in housing and land divisions (60%), roads (45%) and tourist facilities (40%). 65% of the population considers the facilities to be in good condition. The rapids in the river are considered the most important landscape element, have a wide acceptance among the population, with 79% acceptance and 12% of non-acceptance.

Environmental impact assessment

Applying the importance formula method, a total of 210 factors impact the community. Factors that positively impact the community are employment generation, roads, road networks, and economic activities, social acceptability of the project, local traditions and customs that are integrated with nature and sports activities. A level of abiotic components (Table 11), impact the accumulation of solid waste, noise and fecal coliforms, while the biotic environment (Table 12) is mainly impacted by changes that occur

proyecto, tradiciones y costumbres locales, integración con la naturaleza y actividades deportivas. A nivel de componentes abióticos (tabla 11), los principales impactos se presentan en acumulación de residuos sólidos, ruido y coliformes fecales, mientras que en el medio biótico (tabla 12) los principales impactos se dan en el espacio acuático con algas, plantas acuáticas invasoras, vertebrados nativos, invertebrados nativos, cadenas alimentarias.

in the aquatic area with algae, invasive aquatic plants, native vertebrates, native invertebrates, and local food chains.

Tabla 11. Impactos ambientales significativos, medio abiótico.

Suelo	Uso (-3,05 UIA), erosión (-1,40 UIA), estabilidad (-0,92 UIA), acumulación de residuos sólidos (-3,95 UIA), capacidad agrologica (- 0,63 UIA).
Agua	Presencia de agua (-0,44 UIA), variaciones de caudales (-1,36 UIA), temperatura (-0,04 UIA), color (-0,46 UIA), olor (-0,52 UIA), material flotante (-2,51 UIA), turbidez (- 1,10 UIA), sólidos disueltos totales (-2,51 UIA), sólidos en suspensión (-2,43 UIA), pH (-0,99 UIA), demanda bioquímica de oxígeno (- 1,20 UIA), demanda química de oxígeno (-0,50 UIA), oxígeno disuelto (-0,71 UIA), nitrógeno inorgánico (- 0,88 UIA), coliformes fecales (- 4,16 UIA), sustancias tóxicas (- 1,03 UIA).
Aire	Concentración de emisiones por combustión (-1,80 UIA), ruido, (- 3,68 UIA), concentración de sustancias orgánicas (-2,96 UIA), suspensión de partículas sólidas (-1,62 UIA), visibilidad (-0,21 UIA), olores (- 1,32 UIA).
Paisaje	Efectos de composición (- 0,30 UIA).

Tabla 12. Impactos ambientales significativos, medio biótico.

Espacio terrestre	Animales domésticos introducidos (- 0,27 UIA).
Espacio acuático	Algas, plantas acuáticas invasoras (-3,78 UIA), vertebrados nativos (- 4,10 UIA), invertebrados nativos (-3,28 UIA) cadenas alimentarias (- 2,70 UIA).

A nivel de actividades que ocasionen impactos ambientales (tabla 13), los principales impactos son uso de baterías sanitarias y descarga de aguas residuales de zonas aledañas.

Of all the factors that influences the environment, the main impact factors are the use of restrooms and sewage discharge from nearby areas.

Tabla 13 Impactos ambientales por actividades

Impactos Positivos	Impactos Negativos	
	Insignificantes	Moderados
Uso de canchas deportivas (85,50 UIA) Natación(39,38 UIA) Uso de boyas (33,75 UIA) Uso de toboganes (25,97 UIA) Uso de botes (37,77 UIA) Actividades educativas (15,50 UIA) Competencias (8,10 UIA), arreglo de instalaciones (0,20 UIA) Limpieza de las instalaciones (0,80 UIA) Pintura (0,10 UIA) Venta de artesanías (0,20 UIA). Vendedores ambulantes (0,3 UIA).	Senderismo (- 23,07 UIA) Concursos (- 2,20 UIA) Preparación de alimentos (-24,50 UIA), Expendio de alimentos (-2,50 UIA) Entrada y salida de vehículos (-1,00 UIA) Tránsito por el puente (-2,10 UIA) Tránsito por el río (-5,0 UIA), Limpieza de residuos (-2,9 UIA) Uso de duchas y vestidores (-13,9 UIA) Apertura de compuertas (-0,50 UIA) Cierre de compuertas (-3,20 UIA), dragado (-0,3 UIA)	Uso de baterías sanitarias (- 27,0 UIA), Descarga de aguas residuales de zonas aledañas (-36,80 UIA)

Discusión

En cuanto a la calidad de agua, los resultados obtenidos del análisis físico-químico, y microbiológico, muestra cambios en la concentración de oxígeno disuelto posterior a las instalaciones de la represa, esto es comparable con lo citado por Baxter (1977), quien manifiesta que las instalaciones de represas, habilitan la oxigenación y contrasta con Bednarek & Hart, (2005), quienes indican que en muchos estudios el represamiento de agua produce baja disolución del oxígeno. A su vez se identifica una mayor concentración de Coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno, a medida que el río atraviesa por puntos relacionados con zonas de mayor población, lo que es comparable con otros estudios como el desarrollado

Discussion

In regards to the water quality, the results of the physic-chemical analysis and microbiological show changes in the concentration of dissolved oxygen after passing through the dam, that is comparable with data found by Baxter (1977), who stated that the installations of dams, enable oxygenation and contrasts with the work of Bednarek & Hart (2005), who in many studies indicated that the impoundment of water produces low dissolved oxygen. At the same time, there is a greater concentration of fecal coliform and biochemical oxygen demand, as the river passes through points where there is a higher population, which is comparable with other studies as developed by Rörig et al.

por Rorig et al. (2007), también se muestran diferencias en un análisis entre épocas de precipitación alta (abril) y normal (marzo, mayo) en los valores de concentración de los parámetros oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, lo cual es comparable con los resultados presentados por Da Silva & Fonseca (2010). Las características de calidad de agua contrastan con los resultados obtenidos por Marques Pimenta et al. (2012) en represas de generación hidroeléctrica, en la cual se presenta peor calidad de agua en los tributarios y no en la zona de represamiento, debido principalmente a mayores caudales y mayor poder de auto purificación. La escala valorativa del índice de calidad de agua WQI basado en la norma NSF 1970 Torres et al. (2009), se identifica que el sector Sacha Runa presenta mejores resultados, en las diferentes épocas de monitoreo, teniendo en el índice IiWi un agua de buena calidad, mientras que de los puntos estudiados el correspondiente al área del dique de Shell presenta la menor calidad. Con la misma metodología, en los afluentes el punto 7 representa aguas de excelente y buena calidad, mientras que el punto 8, presenta aguas de excelente, buena y regular calidad en las diferentes épocas de muestreo.

Los caudales poseen un comportamiento normal, teniendo mayor caudal en el punto posterior al dique, el cual también reporta un incremento de

(2007). Differences are also shown in an analysis between times of high rainfall (April) and normal (March, May) on the values of concentration of dissolved oxygen parameters and biochemical oxygen demand, which is comparable with the results presented by Da Silva & Fonseca (2010). The water quality characteristics contrast with the results obtained by Marques Pimenta et al. (2012) in dams with hydroelectric generation, in which poorer water quality is presented in tributaries rather than the dam zone area, mainly due to higher flow and increased power of self purification. The rating scale of water quality index based WQI 1970 NSF Torres et al. (2009), identified the sector Sacha Runa with the best results, at different times of monitoring, considering the IiWi index of good quality water, whereas surveyed points corresponding to the area of the dam in Shell had the lowest quality. Using the same methodology, in tributaries a 7 represents good water quality, while an 8 represents waters of excellent quality at different times of sampling.

The water flows have a normal behavior, having higher flow levels in the post-dam point, which also reports an increase in speed, which is consistent with studies conducted in April by Bednareck & Hart (2005) in which the lowest number recorded in the study area, collect runoff from the river

velocidad, lo cual concuerda con estudios realizados Bednarek & Hart (2005) en el cual al ser el punto más bajo en el área estudiada, recolecta mayor cantidad de las aguas de escorrentía en el río Pindo. En cuanto a los diferentes meses de recolección de datos, no existe gran diferencia entre los mismos. Si se presentara una precipitación máxima, el caudal generado, sería de aproximadamente $139,91 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual superaría en aproximadamente 9 veces el caudal registrado en el punto 6 que se encuentra a menor altitud, lo cual generaría riesgo de inundación en las zonas bajas. A su vez, según cita Ritcher (2007), las instalaciones de diques, ayudan a regular los caudales y controlar pequeñas inundaciones. El estudio no permite comprobar lo establecido por Bednarek (2005), quien manifiesta que los caudales posteriores a las instalaciones de represas, decaen drásticamente en periodos de no generación.

Los niveles de diversidad alfa para árboles, arbustos y herbazales, denotan una gran diversidad vegetal, lo cual concuerda con Gentry (1992,1998) citado por Cano & Stevenson (2009) y realizando énfasis en la diversidad alfa de árboles, lo cual concuerda con Cesar & Monteiro (1995) citado por Ferreira da Lima *et al.*, (2011). La diversidad beta manifestada en el índice de Jaccard en árboles indica que existe un alto nivel de similitud en cuanto a especies entre la zona 1 y 2. El Índice de

Pindo. As for the various data collection months, there is no big difference between them. If maximum precipitation is present, the flow generated would be approximately $139,91 \text{ m}^3/\text{s}$, which exceed approximately 9 times the flow at point 6 located at lower altitudes, which would generate flood risks in the lowlands. In turn, Richter (2007) states that dikes facilities help regulate the flow and control small floods. The study did not prove the work established by Bednarek (2005) who stated that subsequent to the dam facilities flow rates decline dramatically during periods of no generation.

A great level of diversity was found in Alpha diversity levels for trees, shrubs and grasslands, which agrees with Gentry (1992,1998) cited by Cano & Stevenson (2009) and emphasizing the alpha diversity of trees, which agrees with Cesar & Monteiro (1995) cited by Ferreira da Lima *et al.*, (2011).

Beta diversity among the trees species according to the Jaccard index indicates a high level of similarity in species between zone 1 and 2. The similarity index of shrubs and herbaceous, is greater between zones 2 and 3, but the same for its low value implying that there is a high level of heterogeneity in shrub and herbaceous species. This demonstrates the gradual changes identified in species in the

similitud en arbustos y herbáceas, es mayor entre las zonas 2 y 3, pero el mismo por su bajo valor, implica que existe un alto nivel de heterogeneidad en cuanto a especies arbustivas y herbáceas. Esto demuestra a su vez cambios graduales en las especies identificadas en los bosques en función de la altura, lo cual concuerda con estudios realizados por Giraldo-Pamplona *et al.*, (2012).

En cuanto a la presencia de macroinvertebrados, se identifica mayor presencia de especies en el sector de Sacha Runa, teniéndose una calidad de agua regular en Agosto y Octubre, pero a su vez se identifica diferencias en las poblaciones de las respectivas clasificaciones entre las épocas de precipitación normal y baja precipitación, lo cual concuerda con lo planteado por Baxter (1977) para las clasificaciones oligochatea y chironomidae. En función del análisis de EPT el dique reporta calidad regular en agosto y mala calidad en septiembre, mientras que el punto posterior al dique reporta calidad regular en ambos meses. Esto concuerda con estudios realizados por Stanley *et al.* (2002) y Bednarek (2005) quienes mencionan que las represas pequeñas, pueden causar cambios profundos corriente arriba en las poblaciones de invertebrados bentónicos. En cuanto a las diferencias existentes entre los muestreos realizados entre épocas de baja precipitación y épocas de precipitación

forests depending on the height, which is consistent with studies by Giraldo-Pamplona *et al.*, (2012)

Regarding the presence of macro invertebrates, presence of species identified in the area was greatest in Sacha Runa, during normalr water quality in August and October; however, differences in the populations of the respective classifications were indentified between the periods of normal rainfall and low rainfall, which agrees with the point made by Baxter (1977) for classifications and chironomidae oligochatea. Based on the analysis of the dam, EPT water quality reports that in August water quality is normal and September quality is pour, while the post-dam points have regular water quality reports in both months. This is consistent with studies by Stanley *et al.* (2002) and Bednarek (2005) who mentioned that small dams upstream may cause profound changes in populations of benthic invertebrates.

As for the differences between the samples taken between periods of low rainfall and periods of normal rainfall, according to the EFA analysis, no significant differences were found between the 2 periods which agrees with Lenat (1993). The sensitivity index in the sector Sacha Runa, reported in times of low rainfall (August) good water quality and October (normal precipitation) excellent water

normal aplicando el análisis de presencia de EPT, no se muestran diferencias significativas entre las 2 épocas lo cual concuerda con Lenat (1993). El índice de sensibilidad en el sector Sacha Runa, reporta en época de baja precipitación (agosto) buena calidad de agua y en octubre (precipitación normal) una calidad de agua excelente.

La encuesta, muestra que existe una incidencia en la problemática ambiental por la existencia del dique, lo cual también es citado por Baxter (1977), quien manifiesta que existe una incidencia de las instalaciones de represas sobre las poblaciones que se encuentran en su área de influencia.

Los principales impactos generados por las instalaciones del dique sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, son generados en el medio abiótico en el componente suelo por acumulación de residuos sólidos, en el componente aire por la concentración de sustancias orgánicas (alimentos) y ruido, mientras que en el medio biótico se presentan impactos en el espacio acuático en algas y plantas acuáticas invasoras, vertebrados nativos, invertebrados nativos, las instalaciones a su vez generan impactos positivos en el medio socioeconómico, Este contexto, concuerda con lo citado por Richter & Thomas (2007), quienes plantean que las represas generan algunos cambios ambientales, los cuales están asociados con el cambio de los flujos naturales de agua, cambios ecosistémicos, cambios

quality.

The survey shows that there is an impact on environmental issues because of the existence of the dam, which is also cited by Baxter (1977), who states that dam facilities affect the populations that are in the dam's area of influence.

The major impact factors generated by the dam facilities are on the abiotic, biotic and socio-economic means which are generated in the abiotic environment, in the soil component, the accumulation of solid waste, air component concentration based on (food) organic substances and noise while in the biotic impact factors are present in the aquatic space with invasive algae and aquatic plants, native vertebrates and invertebrates. Overall, the dam facilities generate positive impacts on the socio-economic environment.

These findings agree with the research found by Richter & Thomas (2007), who argue that dams generate some environmental changes that are associated with the change of natural water flows, ecosystem changes, and changes in aquatic species, while at the same time bringing social and environmental opportunities. For the being a small dam created for the purpose of tourism, the activities that most significantly impact the environment are the

en las especies acuáticas, a la vez de proponer oportunidades sociales y ambientales. Por las características de ser una represa pequeña con fines turísticos, las actividades que generan impactos más significantes en el medio son el uso de baterías sanitarias, descargas de aguas residuales de zonas aledañas y a nivel global existe un mayor impacto en el medio por las actividades de las zonas aledañas al dique. Esto contrasta con los efectos generados por grandes represas mencionadas por Baxter (1977), en donde identifica entre los más importantes cambios en el flujo de agua y en el desarrollo de comunidades biológicas.

Conclusiones

A nivel de calidad ambiental de agua en las diferentes fechas de muestreo, en el río Pindo, el sector de Sacha Runa presenta mejores resultados, mientras que el sector del dique de Shell presenta menor calidad. A nivel de afluentes, el río Bravo presenta mejores resultados con respecto al río Yuxunyacu..

El río Pindo presenta un comportamiento regular en caudales, teniéndose menores valores en la zona alta y mayores en la zona baja, en el área del dique, la velocidad disminuye y se ensancha el cauce, por efecto del represamiento de las aguas.

Existe un alto nivel de diversidad vege-

use of restrooms, wastewater discharges from nearby areas, and the global environmental impact that the activities have on areas surrounding the dam. This contrasts with the effects generated by large dams mentioned by Baxter (1977), in which the most important changes identified are in water flow and the development of biological communities.

Conclusions

During the different sampling dates, at ambient levels the water quality in the Pindo River and Sacha Runa sectors had better results than the dam sector in Shell which had lower water quality. At the level of tributaries, the Bravo River has better results with respect to Yuxunyacu River.

The Pindo River flow is erratic, having lower water quality values in the higher flow areas and higher water quality values in the lower flow areas, at the dame area, the speed decreases and the channel widens because of the effect of damming the waters.

There is a high level of plant diversity at alpha diversity level, the three study areas exhibited high rates of diversity, while the beta diversity level between the three areas studied there had low level of similarity between each of them. Macro invertebrate sampling show similar results in terms of

tal, a nivel de diversidad alfa, las tres zonas estudiadas presentan altos índices de diversidad, mientras que a nivel de diversidad beta, entre las 3 zonas estudiadas existe bajo nivel de similitud entre cada una de ellas.

El muestreo de macroinvertebrados, muestra resultados similares en cuanto a la calidad de agua en los puntos de muestreo con parámetros físico químico, teniéndose una mejor calidad en el sector de Sacha Runa, mientras que el dique de Shell, presenta menores valores de calidad de agua relacionados con muestreo de macroinvertebrados.

El dique de Shell representa una influencia, desde el punto de vista económico, cultural y ambiental para la parroquia, por su incidencia en el movimiento económico y turístico

Los principales impactos que genera las instalaciones se dan sobre el suelo por la acumulación de residuos sólidos, en el aire por: Concentración de sustancias orgánicas (alimentos y ruido) y en el medio biótico espacio acuático en: algas y plantas acuáticas invasoras, vertebrados nativos, invertebrados nativos, las actividades que generan impactos más significantes en el medio son: uso de baterías sanitarias descargas de aguas residuales de zonas aledañas. A nivel global existe un mayor impacto en el medio por las actividades de las zonas aledañas al dique.

the water quality sampling points with physicochemical parameters, with better quality in the Sacha Runa area, while the dam Shell, presented lower water quality values related to the macro invertebrate sampling.

The Shell dam influences the economic, cultural and environmental factors for the sector, as well as impacting economic factors and tourist travel. The main impact factors generated by the facility are related to: on the ground, the accumulation of solid waste; in the air, concentration of organic substances (food and noise); and biotic aquatic space: algae and aquatic invasive plants, native vertebrates, and native invertebrates. The activities that generate the most significant impacts on the environment are: use of wastewater discharges from nearby areas and restrooms. Globally, there is a greater impact on the environment by the activities of the areas surrounding the dam.

Literatura Citada

- AWWA Staff.(2010). *Water Quality* . 4. Denver: American Water Works Association..
- Balci, A. N. & Sheng, T. C. (1989). *Manual de campo para el manejo de cuencas hidrográficas*. Roma: Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación.
- Baxter, R. (1977). *Enviromental Effects of Dams and Impoundments*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8, 255-283.
- Bednarek, A., & Hart, D. (Junio de 2005). *Modifying Dam Operations to Restore Rivers: Ecological Responses to Tennessee RiverDam*. *Ecological Applications*, 15(3), 997-1008.
- Cano, A., & Stevenson, P. (2009). *Diversidad y composición florística de tres tipos de bosques en la estación biológica Caparú Vaupés*. *Revista Colombiana Forestal*, 12, 63-80.
- Carrera Reyes, C. & Fierro Peralvo, K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua*. Quito: Ecociencia.
- Conessa Fernández, V. (2000). *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto ambiental*. Madrid: Mundi Prensa.
- Da Silva, W. J., & Fonseca, C. P. (2010). *Serial discontinuity along the Descoberto River Basin, Central Brazil*. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(3), 344-355.
- Dirección De Aviación Civil. (2011). *Reporte de datos Meteorológicos Aeropuerto Río Amazonas*, Quito: s.n.
- Instituto de Investigaciones de Sistemas Ambientales. (2010). *Programa Arcgis*. s.l.:s.n.
- Fernández Parada, N. J. & Solano, F. (2005). *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua*. Medellín: Universidad de pamplona
- Ferreira da Lima et al., (2011). *Structure, diversity and spatial patternes in a permanent plot of a high resting forest in Southeastern Brazil*. *Acta Botánica Brasilica*, 25(3), 633-645.
- Giraldo-Pamplona, et al., (2012). *Caracterización estructural de bosques tropicales a lo largo de una gradiente altitudinal en el departamento de Antioquia Colombia*. *actualbiol*, 97, 187-197.
- Hadhav , H V. (2008). *Global Pollution and Environmental Monitoring*, de H V Hadhav y S H Purohit, 12-26. Mumbai: Himalaya Publishinh House, 2008.
- Hudson, N., 1997. *Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía*. ROMA: FAO.

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). Resultados del censo de Población
- Lenat, David. «A Biotic Index for the Southeastern United States Derivation and List of Tolerance Values with Criteria for Assigning Water-Quality Ratings.» *Journal of the North American Benthological Society* (North American Benthological Society) 12, n° 3 (Sept 1993): 279-290.
- Marques Pimenta, et al., (2012). Water quality in the lotic area of the Antas River before and after the construction of the Monte Carlo Hydroelectric plant, south Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(3), 314-325.
- Martínez De Azagra Paredes, A. (2006). Métodos de Coeficientes de escurrentía. [En línea] Available at: www.oasification.com [Último acceso: 17 sept 2012].
- Morales Vallejo, Pedro. (2011). Tamaño De La Muestra. [En Línea] 23 De Oct De 2011. [Citado El: 11 De Sept De 2012.] [Http://Www.Upcomillas.Es/Personeter/Investigacion/Tama%F1omuestra.Pdf](http://Www.Upcomillas.Es/Personeter/Investigacion/Tama%F1omuestra.Pdf).
- MORENO, C.(2010). Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza: ORCYT-UNESCO.
- Ritcher, Brian et al. (Febrero 2003). Ecologically sustainable water management: Managing river flows for ecological integrity. *Ecological applications* (Ecological Society of America) 13, n° 1 206-224.
- Ritcher, B. Thomas, G. (2007). Restoring environmental flows by modifying dam operations. Recuperado el 16 de Jun de 2013, de <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art12/>
- Rorig, L. *et al.*, (2007). From a water resource to a point pollution source: Brazil *Journal of Biology*, 67(4), 597-609.
- Stanley, Emily *et al.* (Mar 2002), Short-Term Changes in Chanel form and Macroinvertebrate Communities Following Low Head Dam Removal. *Journal of the North American Benthological Society* (Society for Freshwater Science) 21, n° 1: 172-181.
- Torres, P., Cruz, C. H. & Patiño, P. J. (2009). Índices de Calidad de Agua en Fuentes Superficiales utilizadas en la Producción de Agua para Consumo Humano, una revisión Crítica. Medellín : *Revista Ingenierías Universidad De Medellín* vol. 8, núm. 15. 79-94
- Wallace, J.S., M.C. Acreman, y C.A. Sullivan. (2003) The sharing of water between society and ecosys-

tems: from conflict to catchmen
-based co-management.» Philoso-
phical Transactions: Biological

Sciences (Royal Society Publis-
hing) 358, n° 1440 2011-2026.