



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1227>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

*Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río
Chibunga*

Study of the sustainability impact of the Chibunga river sediment treatment

*Estudo do impacto na sustentabilidade do tratamento de sedimentos do rio
Chibunga*

Sofía Carolina Godoy-Ponce ^I
sofia.godoy@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6479-4343>

Juan Carlos González-García ^{II}
juan.gonzalez@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9066-1600>

Janneth Alejandra Viñan-Villagrán ^{III}
janneth.vinan@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5526-8539>

***Recibido:** 29 de abril de 2020 ***Aceptado:** 30 de mayo de 2020 *** Publicado:** 25 de junio de 2020

- I. Docente Investigador, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Docente Investigador, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Docente Investigador, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

El seguimiento de las características socio-económicas del entorno ha demostrado ser de mucha utilidad para los procesos de planificación territorial, permitiendo el establecimiento de las necesidades y el acompañamiento a la toma de decisiones en la asignación de recursos, en la evaluación de políticas y en la solución de conflictos. Los objetivos se centraron en identificar los puntos de muestreo de los sedimentos del río Chibunga, evaluar los componentes e indicadores de sostenibilidad ambiental, evaluar del impacto de sostenibilidad del tratamiento de sedimentos. Para el estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga se definieron tres componentes metodológicos: 1. Identificación de los puntos de muestreo de los sedimentos, 2. Evaluación de los componentes e indicadores de sostenibilidad ambiental, 3. evaluación del impacto de sostenibilidad del tratamiento de sedimentos. Obtenido el valor final del índice de sostenibilidad de cuencas (WSI), se consideró sostenibilidad baja al Punto 5 y Punto 6 de muestreo por presentar $WSI < 0$, 5. Los puntos P1, P2, P3, P4, presentaron sostenibilidad intermedia porque su valor de WSI varía entre 0,5 y 0,8. La evaluación del impacto de sostenibilidad fue una herramienta útil para la generación de resultados respecto a la selección de los puntos más críticos de los tramos de estudio y la aplicación de estrategias de recuperación y tratamiento. Se adoptó el punto 5 y punto 6 como sectores donde se aplicarán las tecnologías de biorremediación para tratar los sedimentos identificados.

Palabras claves: Sedimento; río Chibunga; sostenibilidad; índices de sostenibilidad; índice de sostenibilidad de cuencas.

Abstract

The monitoring of the socio-economic characteristics of the environment has proven to be very useful for territorial planning processes, allowing the establishment of needs and accompanying decision-making in the allocation of resources, in the evaluation of policies and in the solution of conflicts. The objectives focused on identifying the Chibunga River sediment sampling points, evaluating the components and indicators of environmental sustainability, evaluating the sustainability impact of sediment treatment. For the study of the sustainability impact of the treatment of the Chibunga river sediments, three methodological components were defined: 1. Identification of the sediment sampling points, 2. Evaluation of the components and indicators of

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

environmental sustainability, 3. Impact evaluation of sustainability of sediment treatment. Obtained the final value of the basin sustainability index (WSI), it was considered low sustainability to Point 5 and Point 6 of sampling for presenting WSI $<0,5$. Points P1, P2, P3, P4, presented intermediate sustainability because their value WSI ranges from 0.5 to 0.8. The evaluation of the impact of sustainability was a useful tool for the generation of results regarding the selection of the most critical points of the study sections and the application of recovery and treatment strategies. Point 5 and point 6 were adopted as sectors where bioremediation technologies will be applied to treat the identified sediments.

Keywords: Sediment; Chibunga River; sustainability; sustainability indices; watershed sustainability index.

Resumo

O monitoramento das características socio-econômicas do meio ambiente tem se mostrado muito útil para os processos de planejamento territorial, permitindo o estabelecimento de necessidades e acompanhando a tomada de decisões na alocação de recursos, na avaliação de políticas e na solução de conflitos. Os objetivos foram focados na identificação dos pontos de amostragem de sedimentos do rio Chibunga, na avaliação dos componentes e indicadores de sustentabilidade ambiental, na avaliação do impacto na sustentabilidade do tratamento de sedimentos. Para o estudo do impacto na sustentabilidade do tratamento dos sedimentos do rio Chibunga, foram definidos três componentes metodológicos: 1. Identificação dos pontos de amostragem do sedimento, 2. Avaliação dos componentes e indicadores de sustentabilidade ambiental, 3. Avaliação do impacto sustentabilidade do tratamento de sedimentos. Obtido o valor final do Índice de Sustentabilidade da Bacia (WSI), considerou-se baixa sustentabilidade aos pontos 5 e 6 da amostragem por apresentarem WSI $<0,5$. Os pontos P1, P2, P3, P4 apresentaram sustentabilidade intermediária, pois seu valor O WSI varia de 0,5 a 0,8. A avaliação do impacto da sustentabilidade foi uma ferramenta útil para a geração de resultados referentes à seleção dos pontos mais críticos das seções de estudo e à aplicação de estratégias de recuperação e tratamento. Os pontos 5 e 6 foram adotados como setores em que as tecnologias de biorremediação serão aplicadas para tratar os sedimentos identificados.

Palavras-Chave: Sedimentos; Rio Chibunga; sustentabilidade; índices de sustentabilidade; índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica.

Introducción

Los indicadores de desarrollo en el mundo incluyen indicadores ambientales y de desarrollo sostenible cuyo ámbito ha avanzado en diversos aspectos, sin embargo para nuestra región a pesar de los avances registrados existe la latente necesidad de escalar datos estadísticos de carácter oficial que permitan alimentar y contribuir a la variabilidad de las condiciones socio-económicas (Quiroga Martínez , 2007).

El crecimiento económico, el avance de la tecnología, las actividades agropecuarias y propias del ser humano han contribuido con factores contaminantes que impactan al entorno natural y por el que poco se ha hecho para resguardarlo. Los efectos de la presencia de sedimentos en los ríos han desatado la promoción de métodos que permitan determinar el nivel de concentración de componentes xenobióticos y que a la par puedan ser tratados con base en procesos experimentales y la aplicación de estrategias socio ambientales (Béjar Suárez & Mendoza Trujillo, 2018)

El seguimiento de las características socio-económicas del entorno ha demostrado ser de mucha utilidad para los procesos de planificación territorial, permitiendo el establecimiento de las necesidades y el acompañamiento a la toma de decisiones en la asignación de recursos, en la evaluación de políticas y en la solución de conflictos. Los indicadores socio-económicos del contexto permitieron identificar los efectos sociales tanto de forma individual como comunitario (Domínguez Berjón, y otros, 2014)

El agua es un recurso renovable pero finito y vulnerable, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. Sin embargo, el agua está convirtiéndose en un recurso escaso en muchas regiones del mundo debido a los efectos combinados de numerosos factores, principalmente el crecimiento de la población, la urbanización, el rápido desarrollo y el calentamiento global, por lo tanto el análisis de la huella hídrica involucra el reconocimiento de su uso directo, como beber o limpiar, y el uso indirecto requerida para producir bienes y servicios (Maamar , 2015).

En Ecuador existe una creciente demanda para intervenir en el tratamiento de fuentes de agua y sus sedimentos desde una perspectiva integral, que comprenda la cohesión social, análisis ciclos de

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

vida de los procesos, economía local, administración pública. Esta demanda ha sido acogida por investigaciones que vinculan la sostenibilidad de los recursos y su gestión complementaria. Este hecho implica que en el proceso de análisis y experimentación se incluyan los instrumentos de planificación territorial y de gestión ambiental (Simón Rojo & Hernández Aja, 2011)

A pesar que los indicadores ambientales habían comenzado con el compromiso adquirido por los gobiernos de la Agenda 21, no es sino hasta su aplicación en las políticas públicas ecuatorianas que conjuntamente con el Ministerio de Ambiente y organismos competentes éstos se hacen visibles ante la academia y la sociedad como tal.

El índice de sostenibilidad ambiental es desarrollado por Yale Center for Environmental Law and Policy y, Yale University y el Centro for International Earth Science Information Network, Columbia University (2005) y tiene como punto de referencia la habilidad de las naciones para proteger el ambiente en las próximas décadas, Los autores se basan en un conjunto de variables e indicadores y un índice resumen para apoyar las decisiones de política ambiental (Arias, 2006).

El río Chibunga tiene su vertiente de nacimiento en las faldas del volcán Chimborazo y desciende por los páramos de la parroquia San Juan con el nombre de Río Chimborazo el cual se une con el río Cajabamba a 3.238msnm donde se convierte en el principal afluente del río Chambo (Arellano, 2010), lo que le convierte en una de los vertientes de mayor grado de contaminación cuando llega a la desembocadura trayendo consigo el depósito de sedimentos que a través del tiempo acumulan componentes de impacto negativo para el entorno natural y alto interés para la ciencia.

Por las razones expuestas, dentro del marco del proyecto de investigación aprobado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo “Biorremediación de lodos contaminados con alta presencia de metales pesados y compuestos xenobióticos de las orillas del río Chibunga para su recuperación”, Los objetivos se centraron en identificar los puntos de muestreo de los sedimentos, evaluar los componentes e indicadores de sostenibilidad ambiental, evaluar del impacto de sostenibilidad del tratamiento de sedimentos, conforme en el análisis de las perspectivas a las iniciativas locales y de la academia para la intervención directa de conflictos.

Metodología

Para el estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga se definieron tres componentes metodológicos:

1. Identificación de los puntos de muestreo de los sedimentos
2. Evaluación de los componentes e indicadores de sostenibilidad ambiental
3. Evaluación del impacto de sostenibilidad del tratamiento de sedimentos

Identificación de los puntos de muestreo de los sedimentos

Los puntos de muestreo objeto de estudio fueron identificados empleando las técnicas de observación directa en campo para el reconocimiento de las condiciones más representativas de los tramos medio y bajo del recorrido del río Chibunga; esto con la intencionalidad de resaltar las características productivas, y agrícolas predominantes en el área de influencia. Para el efecto los puntos seleccionados incluyeron los sectores más poblados y con mayor actividad antropogénica. Empleando el muestreo aleatorio simple se aplicaron encuestas, entrevistas semi estructuradas, a la vez que una de las técnicas más relevantes fue la de los grupos focales que definieron el alcance del componente investigativo.

Evaluación de los componentes e indicadores de sostenibilidad ambiental

Bajo las consideraciones del índice de sostenibilidad ambiental desarrollado por Yale Center for Environmental Law and Policy y, Yale University y el Centro for International Earth Science Information Network, Columbia University (2005) y los mecanismos de evaluación de indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible propuestos por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) se levantaron los datos de componentes e indicadores como se expresan a continuación:

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

Tabla 1: Componentes e indicadores de sostenibilidad ambiental

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	INDICADORES
SOCIAL		
Población	Cambio en la población	crecimiento poblacional
	pobreza	índices de pobreza
Educación	Nivel educativo	Tasa de culminación de primaria y secundaria
Salud	Mortalidad	Índices de mortalidad
	Saneamiento	% de personas con adecuadas facilidades de depuración de aguas residuales
Vivienda	Condiciones de vivienda	Tipo de construcciones
AMBIENTAL		
Sistemas ambientales	Recursos naturales	Características de recursos naturales
	Biodiversidad	Características de flora y fauna
Presión ambiental	Problemas ambientales	Características de los problemas ambientales
	Residuos	Tipos de residuos
	Contaminación de agua	Calidad del agua Características de sedimentos
ECONOMÍA		
Patrones de producción, consumo y estructura económica	Actividades económicas	Características de la Población Económicamente Activa
		Actividades productivas
		Actividades de comercio
		Servicios
	Economía y desempleo	tasas de desempleo
Turismo	Principales actividades turísticas	

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

Evaluación del impacto de sostenibilidad del tratamiento de sedimentos

Se empleó el índice de sostenibilidad de cuencas (WSI) y se lo adaptó a las condiciones locales en las que se asumió que la sostenibilidad del río Chibunga como recurso depende de su calidad (C), medio ambiente (A), condiciones económicas de vida (E) y de los rasgos sociales aplicables (S) (Senent Aparicio, Pérez Sánchez, & Bielsa Artero, 2016)

El cálculo del WSI se obtuvo a través de la siguiente expresión:

Ecuación 1: índice de sostenibilidad de cuencas (WSI)

$$WSI = \frac{C + A + E + S}{4}$$

Donde C, A, E, S pueden estar dentro del rango (0-1)

Una vez obtenido el valor final del WSI, se podría considerar una sostenibilidad baja si $WSI < 0.5$; intermedia, si el rango varía entre 0.5 y 0.8, y alta si $WSI > 0.8$ (Senent Aparicio, Pérez Sánchez, & Bielsa Artero, 2016)

Resultados

Identificación de los puntos de muestreo de los sedimentos:

Tabla 2: Identificación de los puntos de muestreo del recorrido del Río Chibunga

PUNTO DE MUESTREO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	REFERENCIA
Punto 1 (P1)	9816402 N, 749814 E	Punto de nacimiento, unión Río Cajabamba y Río Chimborazo
Punto 2 (P2)	9817054 N, 750152 E	Unión Cementera Nacional
Punto 3 (P3)	9816539 N, 752457 E	Comunidad Gatazo
Punto 4 (P4)	9813880 N, 760055 E	Sector Puente CESA – Riobamba
Punto 5 (P5)	9813187 N, 761339 E	Parque ecológico Riobamba
Punto 6 (P6)	9810089 N, 765099 E	Afluencia al río Chambo

El punto 1 fue seleccionado por ser considerado el punto de nacimiento del Río Chibunga, sector donde la actividad antropogénica es limitada, no se observaron asentamientos poblacionales

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

pronunciados, se consideró un punto donde no existe la presencia de sedimentos de lodos contaminados con metales pesados.

Al contrario del punto anterior, el punto 2, se caracterizó por ser una zona de actividad industrial y de aspectos ambientales significativos, se observó la presencia de efluentes de aguas residuales, sedimentos y actividades económicas.

El punto 3 caracterizado por asentamientos poblacionales, actividad agrícola, y presencia sedimentos en las aguas del río

El punto 4 con asentamientos poblacionales, zona de descarga de aguas residuales domiciliarias, asentamientos poblacionales, presencia de centros educativos, de salud, comercio y depósitos de residuos sólidos.

El punto 5 calificado como el sector de más alto grado de condiciones adversas a la calidad del agua, abundante sedimento, actividad agrícola, asentamientos poblacionales, centros de salud y educación, actividades económica, residuos sólidos y descargas de aguas residuales urbanas provenientes de la ciudad de Riobamba.

El punto 6 fue definido por alta actividad agropecuaria, zona de escorrentías, sedimentos, asentamientos poblacionales dispersos.

Evaluación de los componentes e indicadores de sostenibilidad ambiental:

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

Tabla 3: Resultados de los indicadores sociales de sostenibilidad de los puntos de muestreo del recorrido del Río Chibunga

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	INDICADORES	RESULTADOS
SOCIAL			
Población	Cambio en la población	crecimiento poblacional	3,5 % de la población se aproxima los 20 años de edad, con una tasa de crecimiento del 1.5 % promedio anual en los últimos diez años. El 35,4 % reside en el Área Rural; se caracteriza por ser una población joven ya que el 43,5 % son menores de 20 años
	pobreza	índices de pobreza	El 66,5% de su población vive en situación de pobreza
Educación	Nivel educativo	Tasa de culminación de primaria y secundaria	La tasa de analfabetismo de la población de 10 años y más es del 14,9 % a nivel del cantón Riobamba. El promedio de años aprobados por la población de 10 años y más para el cantón Riobamba es de 7,5 años, para la población del área urbana es de 9 años. El porcentaje de la población, según niveles de instrucción para el área urbana de Riobamba corresponde para el nivel primario 37,1 %, secundario un 31,7 %, para post bachillerato un 0,8 %, superior con un 21,1 % y post grado con 0,5% En la actualidad la diferencia entre los niveles de hombres y mujeres con formación universitaria es pequeña debido al veloz incremento e incorporación femenina en la educación superior.

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

Continuación Tabla 3: Resultados de los indicadores sociales de sostenibilidad de los puntos de muestreo del recorrido del Río Chibunga

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	INDICADORES	RESULTADOS
SOCIAL			
Salud	Mortalidad	Índices de mortalidad	La tasa de mortalidad infantil (TMI) en el caso de Riobamba se tiene una tasa de 43 por cada mil nacidos vivos, un nivel alto, en comparación con el nivel país (30 por mil) Las enfermedades diarreicas agudas (EDAS), son principalmente las causas de la morbilidad y mortalidad infantil.
	Saneamiento	% de personas con adecuadas facilidades de depuración de aguas	No existe saneamiento de aguas residuales en la zona de estudio
Vivienda	Condiciones de vivienda	Tipo de construcciones	El 67, 40% de la población habita en viviendas tipo casa o villa, el 14,19% en departamentos, 12,09% en cuartos en inquil, 5,94% en mediagua

Tabla 4: Resultados de los indicadores económicos de sostenibilidad de los puntos de muestreo del recorrido del Río Chibunga

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	INDICADORES	RESULTADOS
ECONOMÍA			
Patrones de producción, consumo y estructura económica	Actividades económicas	Características de la Población Económicamente Activa	La pequeña, la gran industria (Unión Cementera Nacional), así como la microempresa artesanal son los generadores de un gran porcentaje de empleo. El 73% de las actividades comerciales se concentra en la ciudad de Riobamba
		Actividades productivas	La principal fuente de absorción de mano de obra constituye el sector agropecuario, tanto en hombre como en mujeres, el cual se ocupa cerca del 45% de la PEA, siguiendo en importancia, de lejos, el sector comercial. Es elevado el porcentaje de trabajadores familiares no remunerados, alcanzando un 18% de la población económicamente activa PEA. Fabricación de prendas de vestir Elaboración de productos de panadería

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

Continuación Tabla 4: Resultados de los indicadores económicos de sostenibilidad de los puntos de muestreo del recorrido del Río Chibunga

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	INDICADORES	RESULTADOS
ECONOMÍA			
Patrones de producción, consumo y estructura económica	Actividades económicas	Actividades de comercio	Venta al por menor de alimentos, bebidas y tabaco Venta al por menor de prendas de vestir, calzado y artículos de cuero en comercios especializados
		Servicios	Actividades de restaurantes y de servicio móvil de comida Otras actividades de telecomunicaciones
	Economía y desempleo	tasas de desempleo	La tasa de desempleo abierto, entendida como el cociente entre los desocupados y la población económicamente activa (PEA), en Riobamba presenta niveles bajísimos que apenas se aproxima al 4%, tasa muy inferior a la registrada a nivel nacional (10,2%) Cerca de la tercera parte es subempleada por tiempo, se puede interpretar como mecanismo de sobrevivencia y sobreexplotación de la fuerza de trabajo
	Turismo	Principales actividades turísticas	El equipamiento turístico del área de influencia directa en bastante somero, existiendo únicamente el Centro de convenciones “La Primavera” dentro de su amplia gama de servicios se encuentra, hospedaje con 65 camas y alimentación con 30 mesas. En el recinto ferial de Macají, dentro del área de influencia, tiene un área aproximada de 20 ha, cuenta con varios pabellones para exposición artesanal agrícola, ganadera, tecnológica e industrial, se realizan espectáculos de nivel internacional. En cuanto a la oferta de alojamiento se encuentra en su mayoría ubicado fuera del área de influencia del proyecto con su mayor concentración en las parroquias urbanas. Los atractivos turísticos de la provincia con potencial de ser explotados turísticamente se ubican al norte, noroeste y sur este del Parque Lineal Chibunga respectivamente, y forman parte de lo que se denomina Zona de Alta concentración de atractivos turísticos de la Provincia de Chimborazo.

Resultados de los indicadores ambientales de sostenibilidad de los puntos de muestro del recorrido del Río Chibunga

Características de los recursos naturales

La temperatura media anual fue de 13,3°C, registrando temperaturas mínima y máxima de 4,5°C y 26,5°C.

La geología del área de estudio está caracterizada por suelos que tienen origen volcánico, y su hidrogeografía la integran las quebradas: Calpi, Santa Bárbara, Amalfihuaycu, Penicahuan, Yaruquies, Puchalin, Melanquis, constituyendo la red fluvial del río Chambo. Su sub-cuenca hidrográfica abarca 148, 62km² y su longitud es de 28km, desde su unión con el río Cajabamba y 60 km desde su origen hasta su descarga en el Chambo. Los afluentes más importantes son, el río Chimborazo con 8,5km, y el río Cajabamba con 6,5km (Torres Guadalupe, 2009).

La cobertura vegetal en la microregión de Riobamba la forman principalmente cultivos anuales bajo riego, pastos y plantaciones forestales, siendo lo más representativo del paisaje vegetal las mixturas de hortalizas, zonas arboladas con cercos vivos 57,23% de la microrregión (Torres Guadalupe, 2009).

Características de flora y fauna

Entre las principales especies florísticas que se pudieron apreciar a lo largo de los tramos seleccionados para el muestreo se consideran a los árboles de eucalipto (*Eucaliptus globulus*), de pino (*Pinus* sp.), pajonal de páramo (*Stipa ichu*), nigua (*Margyricarpus setosus* H.B.K.), chilca (*Baccharis* sp.), sigse (*Cortaderia ruidiuscula* L), cabuyo (*Agave americana*), árboles de capulí (*Prunus serotina*), shanshi (*Coriaria americana*), bromelias (*Tillandsia recurvata*) y cardo santo (*Argemone mexicana*).

Respecto a fauna prevalente del sector de estudio se citan a especies vacunas, ovinas y caprinas, propias de las actividades agropecuarias predominantes en los puntos de muestreo, insectos, lagartijas, Anura (sapos y ranas) *Eleutherodactylus unistrigatus* (sapo) y *Gastrotheca riobambae* (rana marsupial), aves como *Butorides striata* (garza azulada), *Zonotrichia capensis* (gorrión), *Carduelis magellanicus* (jilguero común), *Patagona gigas* (colibrí gigante), *Turdus chiguanco* (mirlo café), *Colibrí corruscans* (quinde herrero), además de animales domésticos: perros y gatos, animales de crianza: cuyes y conejos.

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

Características de los problemas ambientales

Dentro del amplio contexto de conflictos ambientales en la zona de estudio, se especificaron factores de contaminación del río Chibunga, a través de las técnicas de recolección de datos empleadas en que definieron impactos de carácter negativo de la calidad de agua como se muestra en la tabla 5

Tabla 5: Resultados de las características de los problemas ambientales de los puntos de muestreo del recorrido del Río Chibunga

FACTORES	PUNTOS DE MUESTREO
Presencia de industrias y actividades comerciales	P2, P4, P5
Actividad agrícola y ganadera	P3, P5, P6
Depósito de residuos sólidos	P2, P3, P4,P5, P6
Descarga de aguas residuales	P2, P5
Vialidad en la zona	P1, P2,P3, P4, P5
Asentamientos poblacionales	P3, P4, P5, P6
Desechos animales	P3, P4, P5, P6

Tipo de residuos

En los tramos de estudio se ha observado que los residuos predominantes son los residuos sólidos urbanos propios de la actividad humana, residuos sólidos representativos de la actividad agrícola (envases de agroquímicos), residuos líquidos, representados por las descargas de aguas residuales domésticas e industriales (Unión Cementera Nacional), emisiones atmosféricas como el material particulado provenientes del P2 como consecuencia de la actividad industrial.

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

Calidad del agua

Tabla 6: Resultados de las características físico químicas de calidad del agua de los puntos de muestreo del recorrido del Río Chibunga

PARÁMETROS	PUNTOS DE MUESTREO					
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6
Potencial de Hidrógeno (pH)	8,0	8,1	8,2	8,1	7,9	7,6
Oxígeno disuelto (mg/L)	6,8	6,8	6,9	3	1,8	4
Cadmio (mg/L)	0,0003	0,0004	0,0004	0,0005	0,0006	0,0004
Plomo (mg/L)	0,0007	0,0047	0,003	0,0042	0,0049	0,0055
Fosfatos (mg/L)	0,19	0,18	0,19	0,8	0,98	0,62
Nitratos (mg/L)	2,28	2,62	2,89	4,21	5,18	4,83
DBO5 (mg/L)	7	11	18	22	45	17
Tensoactivos (mg/L)	0,042	0,058	0,092	0,534	0,712	0,405
Coliformes fecales (NPM/100 mL)	15000	1200	11000	50000	280000	1600000

Respecto a la calidad del agua como indicador de sostenibilidad ambiental se resalta el punto 1 como el de mejor calidad, el punto 5, el punto de mayor concentración de tenso-activos, nitratos, fosfatos y Cadmio fue considerado el de más baja calidad en comparación con los puntos de análisis esto por ser el punto con más asentamientos humanos, mientras que el punto 6 representa mayor carga microbiana y presencia de metales pesados como el plomo, esto como consecuencia del cúmulo de componentes que la corriente lleva en el transcurso de su recorrido.

Características de los sedimentos del Río Chibunga

Los sedimentos son materiales no consolidados que se generan durante los procesos de meteorización que sufren las rocas al estar expuestos a las condiciones ambientales; por lo tanto, las propiedades de los sedimentos se encuentran en función de la geología de la cuenca (Suarez, Orfeo, & Vega, 2018).

El punto más representativo para los sedimentos fue el Punto 6, donde se evidenció una carga total de sedimentos acarreados del río Chibunga que guardan relación con mediciones de la carga de sólidos en suspensión de 871mg/L, más ajustes por crecida (12%), acarreo de fondo (18%) y otros (10%).

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

Evaluación del impacto de sostenibilidad del tratamiento de sedimentos

Tabla 7: Resultado de la evaluación del impacto de sostenibilidad del tratamiento de sedimentos de los puntos de muestreo del recorrido del río Chibunga

VARIABLES	ÍNDICE WSI					
	PUNTOS DE MUESTREO					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
C	0,80	0,60	0,60	0,60	0,30	0,40
A	1,00	0,70	0,70	0,70	0,40	0,50
E	0,30	0,60	0,30	0,50	0,50	0,40
S	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,60
WSI	0,70	0,68	0,60	0,65	0,48	0,48

Una vez determinados los valores en escala de 0-1 para calidad (C) del río, medio ambiente (A), condiciones económicas de vida (E) y de los rasgos sociales aplicables (S), conforme la tabla 7, se pudo apreciar que una vez obtenido el valor final del WSI, se consideró sostenibilidad baja al P5 y P6 por presentar $WSI < 0,5$. Los puntos P1, P2, P3, P4, presentan sostenibilidad intermedia porque su valor de WSI varía entre 0,5 y 0,8.

Conclusiones

- El análisis de los puntos de muestreo de los sedimentos representó un proceso exhaustivo de recopilación de información que denotó la ubicación geográfica del río Chibunga y sus particularidades, detallando características ambientales, sociales y económicas, características que con base en la aplicación de técnicas estratégicas de levantamiento de información de campo proporcionaron una visión real del contexto bajo el cual se regiría el presente proceso investigativo que cubrió desde las zonas de menor incidencia de asentamientos poblacionales hasta el punto donde el río Chibunga se convierte en afluente del río Chambo.
- La evaluación de los indicadores de desarrollo sostenible proporcionaron datos estadísticos base respecto a los componentes sociales, económicos y ambientales. El índice fue adaptado a la realidad del objeto de estudio, a la disponibilidad y acceso de información y sobre todo fue aplicado para comprender la realidad en la que el manejo y gestión tanto del recurso hídrico como de sus sedimentos son directamente proporcionales. Los índices de sostenibilidad

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

permiten comprender esa relación estrecha entre los modos de vida, las políticas públicas y los efectos con el medio natural. Un análisis adecuado de estos componentes permite comprender las causas y consecuencias del comportamiento humano, pues si las condiciones son adversas muy probablemente el impacto negativo será mayor respecto a los mecanismos de aprovechamiento de los recursos naturales y la generación de residuos.

- La evaluación del impacto de sostenibilidad fue una herramienta útil para la generación de resultados respecto a la selección de los puntos más críticos de los tramos de estudio y la aplicación de estrategias de recuperación y tratamiento. Bajo la metodología empleada, el hecho de asignar valores entre una escala de 0 a 1 según la realidad identificada con los resultados de los índices de sostenibilidad, permitió adaptar estrategias viables para la zona de estudio, en este caso, dentro del marco del proyecto de investigación “Biorremediación de lodos contaminados con alta presencia de metales pesados y compuestos xenobióticos de las orillas del río Chibunga para su recuperación” de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se adoptó el punto 5 y punto 6 como sectores donde se aplicarán las tecnologías de biorremediación para tratar los sedimentos identificados.

Referencias

1. Aparicio, J., Pérez Sánchez, J., & Bielsa Artero, A. M. (2016). Evaluación de la sostenibilidad de cuencas mediterráneas semiáridas. Caso de estudio: cuenca del Segura, España. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 67-84.
2. Aragonés, J. I., Raposo, G., & Izurieta, C. (2001). Las dimensiones del desarrollo sostenible en el discurso social. *Estudios de Psicología*, 23-36.
3. Arellano, A. (2010). Manual Técnico del Parque Temático “Ricpamba” del paseo ambiental Riobamba. Riobamba.
4. Arias, F. (2006). Desarrollo sostenible y sus indicadores. *Sociedad y Economía*, 200-229.
5. Ballesteros Pelegrín, G. A. (2012). Sostenibilidad social, económica y ambiental en la depuración de agua para uso agrícola y conservación de la naturaleza: Las lagunas de Comoptéjar (Murcia). *Papeles de Geografía*, 11-24
6. Béjar Suárez, J., & Mendoza Trujillo, B. (2018). Contaminación orgánica del río Chambo en el área de descarga de agua residual de la ciudad de Riobamba. *Perfiles*, 40-46.

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

7. Boffill, S., Reyes, R., Torres, F., & Sánchez, E. (2009). Desarrollo local Sostenible a partir del Manejo Integrado en el Parque Nacional Caguanes de Yaguajay. *Desarrollo Local Sostenible*, 1-17.
8. Domínguez Berjón, M. F., Rodríguez Sanz, M., Marí Dell'Olmo, M., Esnaola, S., Prieto Salceda, M. D., Duque, I., & Rodrigo, M. P. (2014). Uso de indicadores socioeconómicos del área de residencia en la investigación epidemiológica: experiencia en España. *Gac. Sanit*, 418-425.
9. Garzón, J. M., Rodríguez Miranda, J. P., & Hernández Gómez, C. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y salud*, 309-318.
10. Grizzetti, B., Lanzanova, D., Liqueste, C. C., Reynaud, A., & Cardoso, A. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environ Sci Policy*, 194-203.
11. Hackbart, V., De Lima, G., & Dos Santos, R. (2017). Theory and practice of water ecosystem services valuation: where are we going? *Ecosyst Serv.*, 218-27.
12. Muñoz Arce, G. (15 de Enero de 2004). Ecoportal. Obtenido de Desarrollo Humano Sostenible: https://www.ecoportal.net/temas-especiales/energias/el_desarrollo_humano_sostenible/
13. Nieto, N. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, 157-176.
14. Quiroga Martínez, R. (2007). Indicador
15. es ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. *CEPAL-Series Manuales*, 3-228.
16. Simón Rojo, M., & Hernández Aja, A. (2011). Herramientas para evaluar la sostenibilidad de las intervenciones urbanas en barrios. *Informes de la Construcción*, 113-115.
17. Suarez, P., Orfeo, Ó., & Vega, M. (2018). Introducción al estudio de sedimentos fluviales de llanura. *Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica - claves para el desarrollo* - , 254-264.
18. Torres Guadalupe, J. F. (2009). Evaluación de impacto ambiental y plan de manejo ambiental del proyecto Parque Lineal Chibunga, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. *Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.

References

1. Aparicio, J., Pérez Sánchez, J., & Bielsa Artero, A. M. (2016). Assessment of the sustainability of semi-arid Mediterranean basins. Case study: Segura basin, Spain. *Technology and Water Sciences*, 67-84.
2. Aragonés, J. I., Raposo, G., & Izurieta, C. (2001). The dimensions of sustainable development in social discourse. *Psychology Studies*, 23-36.
3. Arellano, A. (2010). Technical Manual of the "Ricpamba" Theme Park of the Riobamba environmental walk. Riobamba.
4. Arias, F. (2006). Sustainable development and its indicators. *Society and Economy*, 200-229.
5. Ballesteros Pelegrín, G. A. (2012). Social, economic and environmental sustainability in water purification for agricultural use and nature conservation: the lagoons of Comoptéjar (Murcia). *Geography Papers*, 11-24
6. Béjar Suárez, J., & Mendoza Trujillo, B. (2018). Organic contamination of the Chambo river in the wastewater discharge area of the city of Riobamba. *Profiles*, 40-46.
7. Boffill, S., Reyes, R., Torres, F., & Sánchez, E. (2009). Sustainable local development from Integrated Management in the Caguanes de Yaguajay National Park. *Sustainable Local Development*, 1-17.
8. Domínguez Berjón, M. F., Rodríguez Sanz, M., Marí Dell'Olmo, M., Esnaola, S., Prieto Salceda, M. D., Duque, I., & Rodrigo, M. P. (2014). Use of socioeconomic indicators of the area of residence in epidemiological research: experience in Spain. *Gac. Sanit*, 418-425.
9. Garzón, J. M., Rodríguez Miranda, J. P., & Hernández Gómez, C. (2017). Contribution of bioremediation to solve pollution problems and their relationship with sustainable development. *University and health*, 309-318.
10. Grizzetti, B., Lanzanova, D., Lique C, C., Reynaud, A., & Cardoso, A. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environ Sci Policy*, 194-203.
11. Hackbart, V., De Lima, G., & Dos Santos, R. (2017). Theory and practice of water ecosystem services valuation: where are we going? *Ecosyst Serv.* , 218-27. .

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

12. Muñoz Arce, G. (January 15, 2004). Ecoportal. Obtained from Sustainable Human Development: https://www.ecoportal.net/temas-especiales/energias/el_desarrollo_humano_sostenible/
13. Nieto, N. (2011). Water management: global and Latin American tensions. . Politics and culture, 157-176.
14. Quiroga Martínez, R. (2007). Indicator
15. it is environmental and sustainable development: progress and prospects for Latin America and the Caribbean. CEPAL-Series Manuals, 3-228.
16. Simón Rojo, M., & Hernández Aja, A. (2011). Tools to assess the sustainability of urban interventions in neighborhoods. Construction Reports, 113-115.
17. Suarez, P., Orfeo, Ó., & Vega, M. (2018). Introduction to the study of plain river fluvial sediments. Extensionism, innovation and technology transfer - keys to development -, 254-264.
18. Torres Guadalupe, J. F. (2009). Environmental impact assessment and environmental management plan for the Parque Lineal Chibunga project, Riobamba canton, Chimborazo province. Riobamba: Higher Polytechnic School of Chimborazo.

Referências

1. Aparicio, J., Pérez Sánchez, J. e Bielsa Artero, A.M. (2016). Avaliação da sustentabilidade de bacias semi-áridas do Mediterrâneo. Estudo de caso: bacia do Segura, Espanha. Tecnologia e Ciências da Água, 67-84.
2. Aragonés, J. I., Raposo, G., & Izurieta, C. (2001). As dimensões do desenvolvimento sustentável no discurso social. Estudos de Psicologia, 23-36.
3. Arellano, A. (2010). Manual Técnico do Parque Temático Ricpamba da caminhada ambiental de Riobamba. Riobamba.
4. Arias, F. (2006). Desenvolvimento sustentável e seus indicadores. Sociedade e economia, 200-229.
5. Ballesteros Pelegrín, G. A. (2012). Sustentabilidade social, econômica e ambiental na purificação da água para uso agrícola e conservação da natureza: as lagoas de Comoptéjar (Múrcia). Artigos de Geografia, 11-24

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

6. Béjar Suárez, J. & Mendoza Trujillo, B. (2018). Contaminação orgânica do rio Chambo na área de descarga de efluentes da cidade de Riobamba. *Perfis*, 40-46.
7. Boffill, S., Reyes, R., Torres, F. e Sánchez, E. (2009). Desenvolvimento local sustentável da Gestão Integrada no Parque Nacional Caguanes de Yaguajay. *Desenvolvimento Local Sustentável*, 1-17.
8. Domínguez Berjón, M.F., Rodríguez Sanz, M., Marí Dell'Olmo, M., Esnaola, S., Prieto Salceda, M. D., Duque, I., & Rodrigo, M. P. (2014). Uso de indicadores socioeconômicos da área de residência em pesquisa epidemiológica: experiência na Espanha. *Gac. Sanit*, 418-425.
9. Garzón, J.M., Rodríguez Miranda, J.P. e Hernández Gómez, C. (2017). Contribuição da biorremediação para resolver problemas de poluição e sua relação com o desenvolvimento sustentável. *Universidade e saúde*, 309-318.
10. Grizzetti, B., Lanzanova, D., Liqueste C, C., Reynaud, A., & Cardoso, A. (2016). Avaliação dos serviços do ecossistema hídrico para gerenciamento de recursos hídricos *Environ Sci Policy*, 194-203.
11. Hackbart, V., De Lima, G. e Dos Santos, R. (2017). Teoria e prática da avaliação de serviços de ecossistemas hídricos: para onde vamos? *Ecosyst Serv*. 218-27. .
12. Muñoz Arce, G. (15 de janeiro de 2004). Ecoportal. Obtido no Desenvolvimento Humano Sustentável: https://www.ecoportal.net/temas-especiales/energias/el_desarrollo_humano_sostenible/
13. Nieto, N. (2011). Gestão da água: tensões globais e latino-americanas. . *Política e cultura*, 157-176.
14. Quiroga Martínez, R. (2007). Indicador
15. é desenvolvimento ambiental e sustentável: progresso e perspectivas para a América Latina e o Caribe. *Manuais da série CEPAL*, 3-228.
16. Simón Rojo, M. & Hernández Aja, A. (2011). Ferramentas para avaliar a sustentabilidade das intervenções urbanas nos bairros. *Relatórios de Construção*, 113-115.
17. Suarez, P., Orfeo, Ó. & Vega, M. (2018). Introdução ao estudo de sedimentos fluviais de rios simples. *Extensionismo, inovação e transferência de tecnologia - chaves para o desenvolvimento -*, 254-264.

Estudio del impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga

18. Torres Guadalupe, J.F. (2009). Avaliação do impacto ambiental e plano de gestão ambiental do projeto Parque Lineal Chibunga, cantão de Riobamba, província de Chimborazo. Riobamba: Escola Politécnica Superior de Chimborazo.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).