



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA  
OBRAS DE APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA  
CATEGORÍA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y ASPECTO  
ESTÉTICO, EN EL PERIODO 2019-2020”**

---

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero/a en Medio Ambiente

**Autores**

Juiña Lamiña Geovanny Mauricio  
Simba Sandoval Rosario Maribel

**Tutor**

Fonseca Largo Kalina Marcela Lcda. Mtr.

**LATACUNGA-ECUADOR**

**Septiembre 2020**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Juiña Lamiña Geovanny Mauricio, con cedula de ciudadanía No. 1725092314; y, Simba Sandoval Rosario Maribel, con cedula de ciudadanía No. 1752804037, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para obras de aprovechamiento hidráulico para la Categoría Contaminación Ambiental y Aspecto Estético, en el periodo 2019 - 2020”**, siendo, Lcda. Mtr. Kalina Marcela Fonseca Largo, Tutora del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 17 de septiembre del 2020

.....  
Geovanny Mauricio Juiña Lamiña  
CC: 1725092314

.....  
Rosario Maribel Simba Sandoval  
CC: 1752804037

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **JUIÑA LAMIÑA GEOVANNY MAURICIO**, identificado con C.C. **1725092314** de estado civil **soltero**, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

### **Historial académico. -**

Fecha de inicio: Abril 2014 – Agosto 2014

Fecha de finalización: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de Julio del 2020

Tutor. - Lcda. Mtr. Kalina Marcela Fonseca Largo

Tema: “Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras de Aprovechamiento Hidráulico para la Categoría Contaminación Ambiental y Aspecto Estético, en el periodo 2019-2020”.

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA. -** Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de septiembre del 2020.

.....  
Geovanny Mauricio Juiña Lamiña  
**EL CEDENTE**

.....  
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez  
**EL CESIONARIO**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SIMBA SANDOVAL ROSARIO MARIBEL**, identificada con C.C. **1752804037** de estado civil **soltera**, y con domicilio en Quito, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

### **Historial académico. -**

Fecha de inicio: Septiembre 2015- Febrero 2016

Fecha de finalización: Mayo 2020- Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de Julio del 2020

Tutor. - Lcda. Mtr. Kalina Marcela Fonseca Largo

Tema: “Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras de Aprovechamiento Hidráulico para la Categoría Contaminación Ambiental y Aspecto Estético, en el periodo 2019-2020”.

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de septiembre del 2020.

.....  
Rosario Maribel Simba Sandoval  
**LA CEDENTE**

.....  
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez  
**EL CESIONARIO**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para obras de aprovechamiento hidráulico para la Categoría Contaminación Ambiental y Aspecto Estético, en el periodo 2019 - 2020”, de Geovanny Mauricio Juiña Lamiña; y, Rosario Maribel Simba Sandoval, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de septiembre 2020

---

Lcda. Mtr. Kalina Marcela Fonseca Largo  
**TUTOR DEL PROYECTO**  
CC: 1723534457

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el/la postulante: Juiña Lamiña Geovanny Mauricio; y, Simba Sandoval Rosario Maribel con el título del Proyecto de Investigación: “SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA OBRAS DE APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA CATEGORÍA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y ASPECTO ESTÉTICO, EN EL PERIODO 2019 – 2020”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 17 de septiembre 2020

Ing. Mg Vladimir Ortiz Bustamante  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**  
CC: 0502188451

Ing Mg. José Luis Agreda Oña  
**LECTOR 2**  
CC: 0401332101

Lcdo. Mg. Jaime Rene Lema Pillalaza  
**LECTOR 3**  
CC:1713759932

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos principalmente a Dios, por ser nuestro inspirador, guiarnos y darnos la fuerza para continuar en este proceso de obtener una de las metas anheladas.

De igual manera a mis padres Pedro y Fernanda, quienes con su amor, paciencia, esfuerzo, trabajo y sacrificio me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de humildad, esfuerzo, responsabilidad y perseverancia.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a la MSc. Kalina Fonseca y a todos aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**Geovanny Juiña**

A mis padres Oswaldito y Piedad quienes, sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A mis hermanos y primos quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A mis amigos incondicionales quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo, por haberme apoyado hasta hacer realidad mi graduación.

¡Muchas gracias!

**Maribel Simba**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedico a la Santísima Virgen María del Quinche por sus infinitas bendiciones, a mis padres, hermanos, que sin su apoyo y esfuerzo no hubiera podido culminar este proyecto, a mis amigos y docentes que supieron guiarme en este sueño cumplido.

**Geovanny Juiña**

A mis padres, hermanos, primos y amigos que me brindaron su apoyo incondicional.

**Maribel Simba**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES.**

**TÍTULO:** “SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA OBRAS DE APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA CATEGORÍA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y ASPECTO ESTÉTICO, EN EL PERIODO 2019 - 2020.”

**Autores:** Geovanny Mauricio Juiña Lamiña  
Rosario Maribel Simba Sandoval

**RESUMEN**

En la actualidad, la grave escasez del recurso hídrico plantea grandes desafíos en diferentes partes del mundo debido a su sobreexplotación, por esa razón, su gestión se debe realizar desde la perspectiva de un bien escaso, aplicando métodos que minimicen los impactos ambientales. La presente investigación tuvo como finalidad la aplicación de la metodología de evaluación de impactos ambientales Battelle Columbus (BC) en la obra de aprovechamiento hidráulico Coca Codo Sinclair (CCS) para la categoría contaminación ambiental y aspecto estético. CCS es una obra estatal de generación hidroeléctrica, con un caudal de diseño de 285 m<sup>3</sup>/s, captado de la cuenca hidrográfica del Napo (vertiente amazónica), la más grande del país. Los estudios ambientales de CCS no han previsto la gestión integrada del recurso hídrico con los actores locales, sea para enfrentar problemas de estrés hídrico (agua potable, saneamiento o inundaciones), o la extrema variabilidad climática, actual y futura, que afecta la seguridad humana en el piedemonte amazónico. Por esta razón, la investigación evalúa los impactos en la categoría contaminación y aspecto estético, utilizando los datos de la línea de base de los EsIA EFFICACITAS y ENTRIX. Mediante la predicción e identificación de posibles impactos se obtuvo valores significativos para la fase sin y con proyecto, a través de una representación gráfica de la calidad ambiental (CA), mencionando las posibles afectaciones que generarían cambios adversos ambientales. Como resultado se obtuvo en la categoría Contaminación Ambiental, señales de alerta en 6 de 21 parámetros valorados: mientras que en el Aspecto Estético 10 de 17 parámetros presentan la señal de alerta (tonalidad alta). Los proyectos hidroeléctricos, pueden causar una contaminación ambiental irreversible, en extensas áreas geográficas, por lo cual tienen el potencial de generar impactos importantes. El agua es uno de los elementos más dinámicos y contaminados en torno a los proyectos hidráulicos. Desde punto de vista de calidad y estética visual del paisaje se determina la degradación paisajística principalmente en el recurso hídrico y biota las mismas que son vulnerables por la intervención de la acción humana. En comparación con las metodologías mencionada, Battelle Columbus, proporciona una visión más completa de los impactos ocasionados para 78 variables en diferentes proyectos u obras de orden hídrico.

**Palabras Claves:** Battelle- Columbus, Calidad Ambiental, EsIA, EIA, Recurso Hídrico.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES SCHOOL**

**THEME:** "ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT SYSTEM FOR HYDRAULIC USE WORKS FOR THE ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND AESTHETIC ASPECT CATEGORY, IN THE PERIOD 2019 – 2020”.

**Authors:** Geovanny Mauricio Juiña Lamiña  
Rosario Maribel Simba Sandoval

**ABSTRACT**

In the actuality, the serious lack of water resources attitudes great challenges in different parts of the world due to its overexploitation, for that reason, its management must be done from the perspective of a scarce good, applying methods that minimize environmental impacts. The present investigation had as purpose the application of the methodology of evaluation of environmental impacts Battelle Columbus (BC) in the work of hydraulic exploitation Coca Codo Sinclair (CCS) for the category environmental contamination and aesthetic aspect. CCS is a state work of hydroelectric generation, with a design flow of 285 m<sup>3</sup> / s, captured from the Napo river basin (Amazon slope), the largest in the country. The environmental studies of CCS have not foreseen the integrated management of the water resource with local actors, either to face problems of water stress (drinking water, sanitation or floods), or the extreme climate variability, current and future, that affects human security in the Amazon foothills. For this reason, the research evaluates the impacts on the category of contamination and aesthetic aspect, using the data from the baseline of the EFFICACITAS and ENTRIX EIAs. By means of the prediction and identification of possible impacts, significant values were obtained for the phase without and with project, through a graphic representation of the environmental quality (EQ), mentioning the possible affectations that would generate adverse environmental changes. As a result, it was obtained in the category Environmental Pollution, warning signals in 6 of 21 parameters evaluated: while in the Aesthetic Aspect 10 of 17 parameters present the warning signal (high tone). Hydroelectric projects can cause irreversible environmental contamination in extensive geographic areas, which is why they have the potential to generate important impacts. Water is one of the most dynamic and contaminated elements around hydraulic projects. From the point of view of the quality and visual aesthetics of the landscape, landscape degradation is determined mainly in the water resource and biota which are vulnerable due to the intervention of human action. In comparison with the mentioned methodologies, Battelle Columbus, provides a more complete vision of the impacts caused for 78 variables in different projects or works of hydric order.

**KEYWORDS:** Battelle- Columbus, Environmental Quality, EsIA, EIA, Water Resource.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	vi
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	x
AGRADECIMIENTO.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	5
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	6
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	6
6. OBJETIVOS:.....	7
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
6.1. Battelle Columbus (BC): Generalidades del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.....	8
6.1.1. Obras de aprovechamiento hidráulico y sus impactos ambientales .....	8
6.1.1.1. Obras de aprovechamiento hidráulico .....	8
6.1.1.2 Evaluación de Impactos Ambientales.....	10
6.1.2. Introducción a la metodología Battelle Columbus .....	12
6.1.2.1. Generalidades del sistema de evaluación de impacto ambiental Battelle Columbus (BC).....	12
6.1.2.2. Descripción de la metodología.....	12
6.1.1.3 Debilidades del SEABC.....	21
6.2. Conceptualización de categoría y parámetro .....	21
6.2.1 Categoría contaminación ambiental .....	21
6.2.2. Aspecto Estético .....	28
8. PREGUNTA CIENTÍFICA.....	31
9. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS).....	31
8.1. MÉTODOS.....	32
8.1.1. Deductivo .....	32
8.1.2. Instrumentos .....	32

10.	DISEÑO EXPERIMENTAL: .....	33
11.	METODOLOGIA DE BATTELLE COLUMBUS .....	33
12.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS: .....	38
11.1.	Aplicación de la metodología del Battelle Columbus (BC), para la Categoría Contaminación Ambiental.....	38
11.1.1.	Interpretación del SEABC .....	71
11.2.	Aplicación de la Metodología del Battelle Columbus (BC), para la Categoría Aspecto Estético .....	75
11.2.1.	Interpretación del SEABC .....	110
11.3.	Comparación de resultados con otras metodologías .....	113
11.4.	Discusión de resultados .....	115
13.	IMPACTOS .....	117
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	118
12.1.	Conclusiones .....	118
12.2.	Recomendaciones.....	118
15.	BIBLIOGRAFÍA .....	119
16.	ANEXOS .....	126

## ACRÓNIMOS

**CA:** Calidad Ambiental

**CCS:** Coca Codo Sinclair

**COA:** Código Orgánico del Ambiente

**DBOs:** Demanda Bioquímica de Oxígeno

**EIA:** Evaluación de Impactos Ambientales

**EFFICACITAS:** Eficiencia Energética y Ambiental Cía. Ltd.

**ENTRIX:** Enviromental and Natural Resource Management Consultanst

**EsIA:** Estudio de Impacto Ambiental

**BC:** Battelle- Columbus

**SNI:** Sistema Nacional Interconectado

**SUIA:** Sistema Único de Información Ambiental

**UIA:** Unidades de Impacto Ambiental

**UIP:** Unidades de Importancia del Parámetro

**PDOT:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

**PMA:** Plan de Manejo Ambiental

**CELEC:** Corporación Eléctrica de Ecuador

**MAE:** Ministerio del Ambiente del Ecuador

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **1.1. Título del Proyecto:**

Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras de Aprovechamiento Hidráulico para la Categoría Contaminación Ambiental y Aspecto Estético, en el periodo 2019-2020”

**1.2. Fecha de inicio:** Septiembre del 2019

**1.3. Fecha de finalización:** Agosto del 2020

**1.4. Lugar de ejecución:** Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Universidad Técnica de Cotopaxi.

**1.5. Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**1.6. Carrera que auspicia:** Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente

**1.7. Proyecto de investigación vinculado:** Desarrollo de mi Tierra

### **1.8. Equipo de Trabajo:**

Nombres de equipo de investigadores: Juiña Lamiña Geovanny Mauricio

Simba Sandoval Rosario Maribel

Tutor de Titulación: Lcda. Mtr Kalina Marcela Fonseca Largo

Lector 1: Ing. Mg. Vladimir Ortiz Bustamante

Lector 2: Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

Lector 3: Lcdo. Mg. Jaime Rene Lema Pillalaza

**1.9. Área de Conocimiento:** Ciencias, protección del medio ambiente

**1.10. Línea de investigación:** Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

**1.11. Sub líneas de investigación de la Carrera:** Manejo y conservación de la biodiversidad

**1.12. Línea de vinculación:** Gestión de recursos naturales. Biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano y social

## **2. INTRODUCCIÓN**

El recurso hídrico se destaca como un factor clave en el desarrollo socio - económico del país, prácticamente todas las actividades económicas ligadas a recursos naturales utilizan el agua como un insumo fundamental en sus procesos productivos (agricultura, minería y generación de energía, entre otros).

En Ecuador, el mecanismo para asegurar el uso sostenible del agua en las obras de aprovechamiento hidráulico se estipula en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua y el Código Orgánico Ambiental (COA). Desde el enfoque de sustentabilidad, para remediar o mitigar los efectos negativos en el ambiente producidos por la intervención humana en la ejecución de grandes obras, se creó el mecanismo de la evaluación de impactos ambientales (EIA), promovido en el plano mundial desde hace cuatro décadas y aceptado ampliamente a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992.

La Evaluación del Impacto Ambiental identifica o predecir el impacto de un proyecto sobre los componentes bióticos y abióticos, estableciendo valores cuantitativos para los parámetros que indican la calidad del ambiente antes, durante y después de la ejecución de un proyecto, con el objetivo de reducir el impacto ambiental (Goyal & Deshpande, 2001).

La metodología Battelle Columbus (BC) es aplicable para proyectos de categoría IV que se dedican al uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, se basa en una disposición jerárquica de indicadores de calidad ambiental de los recursos naturales. Para proyectos relacionados con el recurso hídrico tanto a nivel micro y macro, el sistema de evaluación de Battelle Columbus, es uno de los métodos considerado cuantitativo, por algunos autores y por otro cualitativo, debido a ciertos parámetros que se califican según la percepción del evaluador. BC evalúa sistemáticamente los impactos ambientales (Pinto, 2012).

En cuanto a la metodología aplicada hace referencia a las categorías: *Contaminación Ambiental* hace referencia a cualquier intervención en el medio ambiente, por lo tanto, se deben considerar las interrelaciones y el equilibrio que existe en el sistema natural. El ser humano interactúa con

el sistema natural de muchas maneras., donde el incorrecto uso o manejo de los recursos naturales tiene efectos adversos. En general, las interacciones provocan cambios en la calidad, cantidad y distribución de los componentes naturales. Por lo tanto, al caracterizar el medio natural a través de parámetros físicos, químicos y biológicos se puede entender el impacto de la interacción del hombre con el medio ambiente. Esta información permite evaluar el grado de cambio y la importancia del cambio en el medio ambiente natural (Dee et al., 1973).

Por otro lado la *Categoría Estético* es el análisis del impacto ambiental en el entorno como resultado de la afectación de una acción humana, su valoración se realiza mediante un debate sobre la apreciación estética o visual de la calidad del paisaje de un proyecto propuesto, así la estimación se obtiene por medio de comparaciones objetivas en áreas geográficas "sin" y "con" proyectos (Espinoza, 2002).

Actualmente la Universidad Técnica de Cotopaxi en base al diagnóstico situacional de la zona 3 (Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza) y a las prioridades institucionales de mejora de los procesos de investigación científica y tecnológica se propone actualizar las líneas de investigación acorde a los planes de desarrollo local, regional y nacional.

Dentro de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente trabaja en diferentes líneas de investigación entre la cual la tesis se desarrolla ENERGIAS ALTERNATIVAS Y RENOVABLES, EFICIENCIA ENERGETICA Y PROTECCIÓN AMBIENTAL. Esta línea de investigación abarca tres grandes ejes para su accionar investigativo, que están en correspondencia con los objetivos nacionales e internacionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en esta área. Se integran todas aquellas investigaciones que busquen promover el aprovechamiento de las energías alternativas y renovables, fomentar y promocionar el uso eficiente de la energía (Eficiencia Energética) en los diferentes sectores y reducir el impacto medioambiental derivado de la utilización de los recursos energéticos a través de un buen Manejo y Conservación del Recurso Hídrico. Para ello el EsIA tiene por objetivo de generar propuestas de protección ambiental que permiten establecer soluciones aplicables a los distintos problemas que son parte de las comunidades y/o sociedad.

Además, se ha vinculado con distintos sectores a nivel provincial, identificando problemas y presentando alternativas de solución; para lo cual se ha establecido un Proyecto de Vinculación de la Facultad denominado “Desarrollo de mi Tierra”, “que establece una línea de vinculación

designada como, Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

El objetivo de la presente tesis, es explicar una metodología de evaluación de impactos ambientales específica y de fácil implementación para obras de aprovechamiento hidráulico; debido a que, en el país, no existe un método diseñado concretamente para estas actividades en las categorías Contaminación Ambiental y Aspecto Estético. Por otra parte, se escogió la represa Coca Codo Sinclair (CCS) para evaluar los impactos ambientales, ya que es la más grande del país y en los últimos años ha ocasionado graves problemas ecológicos, que no han sido previstos en los Estudio de Impacto Ambiental (EsIA).

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La EIA nace como un recurso de protección ambiental que apoyada por la legislación acorde a las necesidades de los distintos países, fortalece la toma de decisiones a nivel de políticas, planes, programas y proyectos, incorporando nuevas variables para considerar en el desarrollo de los proyectos de inversión. Una metodología de EIA diseñada para obras de aprovechamiento hidráulico es el Sistema de Evaluación Ambiental conocida como BC, su principal ventaja es que se puede medir el impacto ambiental de setenta y ocho parámetros, agrupados en la categoría ecología, contaminación ambiental, aspecto estético e interés humano, en los escenarios sin y con proyecto; en obras de diferentes escalas como la Central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair (CCS).

El presente documento se realiza un análisis desde diferentes perspectivas los probables impactos ambientales generados por CCS, incluye las generalidades de la metodología BC, pasos para la implementación en proyectos hidráulicos, aplicación de la metodología: Caso práctico con CCS y en comparación con diferentes metodologías de los EsIA tales como: La consultora Eficiencia Energética y Ambiental Cía. Ltda. (EFFICACITAS) utilizó la metodología de los criterios relevantes integrados (Buroz, 1998) y Environmental and Natural Resource Management Consultanst (ENTRIX) empleo una matriz causa-efecto, comprobando que BC proporciona una visión más completa de los impactos ocasionados por diferentes proyectos u obras de orden hídrico.

Mediante las líneas de investigación se establece métodos de evaluación que ayudan a la identificación de aspectos e impactos ambientales causados por estos proyectos que son producidas por las diferentes actividades hidroeléctricas, estableciéndose mecanismos de protección para los Recursos Naturales y el Medio Ambiente.

La investigación pretende aportar en su totalidad con la interpretación de la metodología, beneficiando principalmente a estudiantes, docentes y profesionales en el área ambiental sobre la evaluación sistemática de los impactos mediante el empleo de indicadores homogéneos que transforman sus valores correspondientes en unidades conmensurables y en consecuencia comparables, mediante técnicas de transformación, alertando al usuario sobre áreas ambientalmente sensibles.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

**Tabla 1:** Beneficiarios directos e indirectos del proyecto

<b>Directos</b>		<b>Indirectos.</b>	
Estudiantes y Docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Cotopaxi		MAE Provincial de Cotopaxi e instituciones relacionadas	
Población	203	Población	34
Masculina:		Masculina:	
Población Femenina:	325	Población Femenina:	16
Total:	528	Total:	50

**Fuente:** Dirección de la Carrera de Ingeniería Ambiental, UTC. 2019(PDYOT, 2015-2025) (MAEC, 2015)

**Elaborado por:** Juiña, G & Simba, M. (2019)

#### 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

En la actualidad, la grave escasez del recurso agua plantea grandes desafíos en varias partes del mundo, debido a su sobreexplotación por el uso inadecuado en la ejecución de diferentes proyectos, en el caso de las centrales hidroeléctricas, su funcionamiento acarrea consecuencias medioambientales negativas, pese a tener muchos aspectos positivos hay que tener en cuenta que la construcción genera cambios en los ecosistemas, por tal razón, su gestión se debe realizar

desde la perspectiva de un bien escaso, aplicando enfoques de desarrollo sostenible y normativas legales.

La generación eléctrica con fuentes renovables es decir el recurso hídrico provoca impactos de diferente tipo e intensidad, principalmente por la modificación del cauce, y alteración del equilibrio dinámico del río y por tanto en los servicios ecosistémicos del mismo.

Varios problemas ambientales han obligado a que se desarrollen metodologías de EIA, es así que en la década de 1970 en Estados Unidos se desarrolló la metodología BC, la misma que es aplicada en proyectos que se dedican al uso y aprovechamiento de los recursos hídricos.

A nivel de América Latina la metodología Battelle Columbus es poco conocida, por ende, su aplicación es reducida, utilizándose en ciertos países, entre ellos Ecuador, Colombia, Perú y Venezuela. En el caso de Perú, su uso viene siendo exigido por los revisores de EsIA, recientemente, con mayor énfasis, como método cuantitativo. La exigencia de la cuantificación de los impactos, que exigen los TdR (términos de referencia) en el Perú, es interpretada por muchos analistas de impactos y revisores de EIA como la obligación de emplear el método de Battelle-Columbus (Cuya, 2014).

En Ecuador, no existe una metodología de evaluación de impactos ambientales específica y de fácil implementación para obras de aprovechamiento hidráulico; es decir, carece de un método diseñado concretamente para estas actividades en las categorías Contaminación Ambiental y Aspecto Estético. Los proyectos ecuatorianos de categoría IV, tienen que obligatoriamente presentar el EsIA para obtener el permiso de funcionamiento, puesto que es un procedimiento técnico-administrativo que los proyectos, obras o actividades requieren para obtener una licencia ambiental.

## **6. OBJETIVOS:**

### **Objetivo General:**

Desarrollar una guía metodológica basada en el sistema de evaluación para obras de aprovechamiento hidráulico en Ecuador para la categoría Contaminación Ambiental y aspecto Estético, en el periodo 2019 - 2020.

## **Objetivos Específicos:**

1. Comprender el funcionamiento del sistema de evaluación ambiental Battelle Columbus en cuanto a la categoría Contaminación Ambiental y Aspecto Estético.
2. Aplicar la metodología de evaluación ambiental cualitativa / cuantitativa en una obra de aprovechamiento hidráulico.
3. Comparar los resultados con otras metodologías aplicadas en la obra de aprovechamiento hidráulico.

## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **6.1. Battelle Columbus (BC): Generalidades del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental**

#### **6.1.1. Obras de aprovechamiento hidráulico y sus impactos ambientales**

##### **6.1.1.1. Obras de aprovechamiento hidráulico**

Se consideran obras hidráulicas, las construcciones donde el elemento dominante es el agua como captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como al saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes, protección frente a avenidas o crecientes, tales como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014). Por otro lado, el aprovechamiento productivo del agua, son las actividades como riego para la economía popular y solidaria, agro industria, producción agropecuaria o producción acuícola de exportación u otras actividades productivas como turismo, generación de hidroelectricidad, producción industrial; explotación minera y de refinación de minerales; hidrocarburos, envasado y comercialización de aguas minerales, medicinales, tratadas, enriquecidas o que tengan procesos certificados de purificación y calidad; y, otras actividades productivas que impliquen el aprovechamiento del agua (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

Las hidroeléctricas, son otro tipo de proyectos de aprovechamiento hidráulico que impulsan desarrollo de las infraestructuras energéticas (ONU-DAES, 2005), son la fuente renovable de

electricidad más utilizada en el mundo y más del 16% de la generación eléctrica mundial es de origen hidráulico (Ortiz, 2016). En Ecuador, acorde al Art.106 de la (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014) el aprovechamiento productivo del agua para la generación de electricidad, de manera preferente para aquellos proyectos de prioridad nacional que se contemplen en el plan maestro de electrificación deben incorporar los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Desafortunadamente, en todas las fases de implementación de este tipo de proyectos se generan impactos negativos en el medio ambiente, muchas veces irreversibles. La generación eléctrica con fuentes renovables provoca impactos (de diferente tipo e intensidad), sobre todo en los cuerpos de agua, por la modificación del cauce, por las líneas de transmisión, derechos de vía e infraestructura de transformación y distribución (López, 2011). (Bernal, 2015) menciona que todo proyecto hidroeléctrico tiene un impacto en el transporte del caudal sólido y líquido en el río, en la alteración del equilibrio dinámico del río y por tanto en los servicios ecosistémicos del afluente.

Por ejemplo, según (López, 2011), Coca Codo Sinclair (CCS), es una obra estatal de generación hidroeléctrica y de transmisión eléctrica al Sistema Nacional Interconectado (SNI), con un caudal de diseño de 285 m<sup>3</sup>/s, captado del río Quijos en su confluencia con el Salado, en la subcuenca del río Coca, cuenca hidrográfica del Napo (vertiente amazónica), la más grande del país. CCS se proyectó que debería producir más de 1.500 megavatios de energía "limpia y renovable" y cubrir el 30% de la demanda eléctrica del país con un tiempo de vida útil de 50 años (Miranda, 2019). CCS está en funcionamiento desde el 2016 hasta la actualidad, aunque la Contraloría del Ecuador aprobó un informe donde se establece perjuicio económico por las fisuras existentes que puede superar las decenas de millones de dólares (Miranda, 2019).

Aparte de las dificultades estructurales de CCS, existen también problemas ambientales; en los estudios ambientales no se ha previsto la gestión integrada del recurso hídrico con los actores locales, sea para enfrentar problemas de estrés hídrico (agua potable, saneamiento o inundaciones), o la extrema variabilidad climática, actual y futura, que afecta la seguridad humana en el piedemonte amazónico (López, 2011). En el análisis del flujo hídrico del proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (Jiménez, S & Ternues, F., 2019) se señala que el caudal afluente al embalse compensador de CCS evidencia una disminución de los caudales del año 2017 con los históricos de los obtenidos de 1972-1990. El proyecto Coca Codo Sinclair ha generado cambios considerables como erosión, degradación, pérdida de fertilidad del suelo, contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, alteración en la calidad de

aire por emisiones, altos niveles de ruido, mientras que la parte biótica es el componente que mayor cantidad de impactos ha tenido debido al desbroce de vegetación por ende la reducción o pérdida de hábitat, y extinción tanto de flora y fauna (ENTRIX, 2014)

#### **6.1.1.2 Evaluación de Impactos Ambientales**

A medida que las obras de aprovechamiento hidráulico se ejecutan pueden causar impactos positivos y negativo en el ambiente. Desde el enfoque de sustentabilidad, para remediar o mitigar los efectos negativos en el ambiente producidos por la intervención humana en la ejecución de grandes obras, se creó el mecanismo de la evaluación de impactos ambientales (EIA), promovido en el plano mundial desde hace cuatro décadas y aceptado ampliamente a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992 (Perevochtchikova, 2013).

En el país, un instrumento para la regularización ambiental es la evaluación del impacto ambiental, según el Art. 179 del Código Orgánico del Ambiente (2017), deberán ser elaborados en aquellos proyectos, obras y actividades que causan mediano y alto impacto o riesgo ambiental para una adecuada y fundamentada evaluación, predicción, identificación e interpretación de dichos riesgos e impactos. La EIA se ha convertido en una herramienta indispensable de política pública ambiental, lejos de ser un freno al desarrollo y al progreso, permite ejecutar proyectos bajo lineamientos de desarrollo sostenible. En Ecuador, las actividades, obras o proyectos son regulados y clasificados en cuatro categorías (ver tabla N°2) en el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) de acuerdo a los impactos ambientales negativos o los niveles de contaminación generados al medio ambiente (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2020).

**Tabla N°2.** Categorización de proyectos según el impacto ambiental

<b>Categoría</b>	<b>Aplicación a proyectos</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Autorización administrativa</b>
I	Impactos considerados no significativos	Guía de buenas prácticas ambientales	Certificado de registro ambiental
II	Considerados de bajo impacto	Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental	Licencia Ambiental- Categoría II
III	Considerados de mediano impacto	Declaratoria de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental	Licencia Ambiental- Categoría III
IV	Considerados de alto impacto	<b>Estudio de Impacto Ambiental</b> y Plan de Manejo Ambiental	Licencia Ambiental- Categoría IV

**Fuente:** Sistema Único de Información Ambiental (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2020)

**Elaborado por:** Juiña, G & Simba, M. (2020)

Los proyectos ecuatorianos de categoría IV, tienen que obligatoriamente presentar el estudio de impacto ambiental para obtener el permiso de funcionamiento. Al estudio de impacto ambiental (EsIA), se le conoce como el procedimiento técnico- administrativo para la toma de decisiones sobre los impactos ambientales de los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y deberán especificar todas las características del proyecto que representen interacciones con el medio (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, 2019). El EsIA está estructurado por la ficha técnica, introducción, diagnóstico ambiental - línea base, descripción del proyecto, selección de alternativas, áreas de influencia, sensibles y riesgos; identificación y Evaluación de Impactos Ambientales (EIA), plan de manejo, plan de monitoreo, glosario y bibliografía (ENTRIX, 2014).

## **6.1.2. Introducción a la metodología Battelle Columbus**

### **6.1.2.1. Generalidades del sistema de evaluación de impacto ambiental Battelle Columbus (BC)**

El sistema de evaluación ambiental del Instituto Battelle – Columbus, es la principal herramienta que se ha desarrollado para la evaluación de impactos ambientales para obras de aprovechamiento hidráulico. Su objetivo es la evaluación sistemática de los impactos de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos, la clave de este sistema de evaluación son los parámetros, que corresponden, a un aspecto ambiental significativo, después de obtener los parámetros aplicables, se transformarán sus valores correspondientes en unidades conmensurables y en consecuencia comparables, mediante técnicas de transformación.

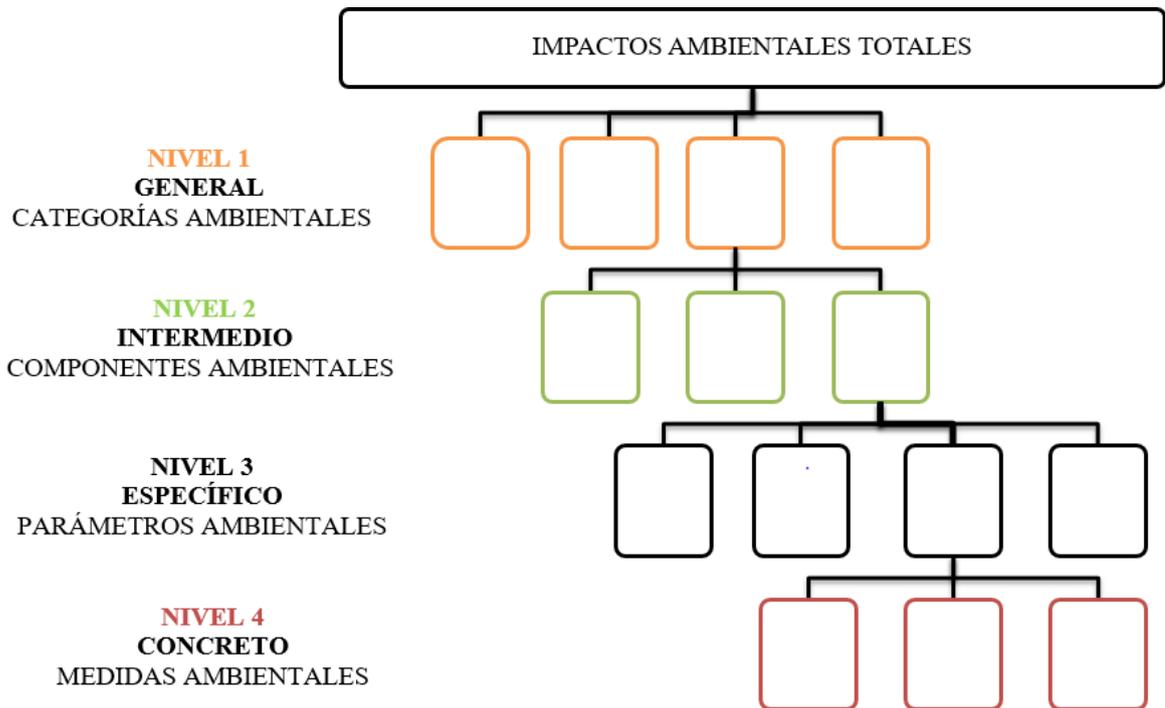
La principal ventaja es que se puede medir el impacto ambiental sobre el medio de diferentes proyectos de uso de recursos hídricos (análisis de proyectos, escala micro), adicional realizar una planificación a medio y largo plazo en proyectos con el mínimo impacto ambiental posible (evaluación ambiental estratégica de planes y programas, escala macro).

La metodología BC se puede aplicar para proyectos de categoría IV que se dedican al uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, fue desarrollada por un equipo de investigación interdisciplinario de Battelle-Columbus (Dee et al., 1973), se basa en una disposición jerárquica de indicadores de calidad ambiental del agua. Además del enfoque sugerido en este documento, otras metodologías conceptualmente similares fueron desarrolladas para medir los impactos ambientales por Leopold en 1971, Dearinger en 1968, y Morisawa y Murie en 1969. Las ventajas del BC es la evaluación que se ejecuta en las cuatro categorías: ecología, contaminación ambiental, aspecto estético e intereses humanos, que se subdividen en subgrupos y finalmente en 78 parámetros (Goyal & Deshpande, 2001).

### **6.1.2.2. Descripción de la metodología**

El sistema de evaluación BC es de naturaleza jerárquica, mide los impactos ambientales en unidades proporcionales y alerta al usuario sobre áreas ambientalmente sensibles (Dee et al., 1973). El modelo opera sobre un árbol de factores (Figura. N°1), organizado en cuatro niveles (Figura 1), denominados categorías (Nivel I), componentes (Nivel II), parámetros (Nivel III), y medidas (Nivel IV) (Gomez Villarino & Gomez Orea, 2013).

**Figura N°1.** Naturaleza jerárquica de SEABC

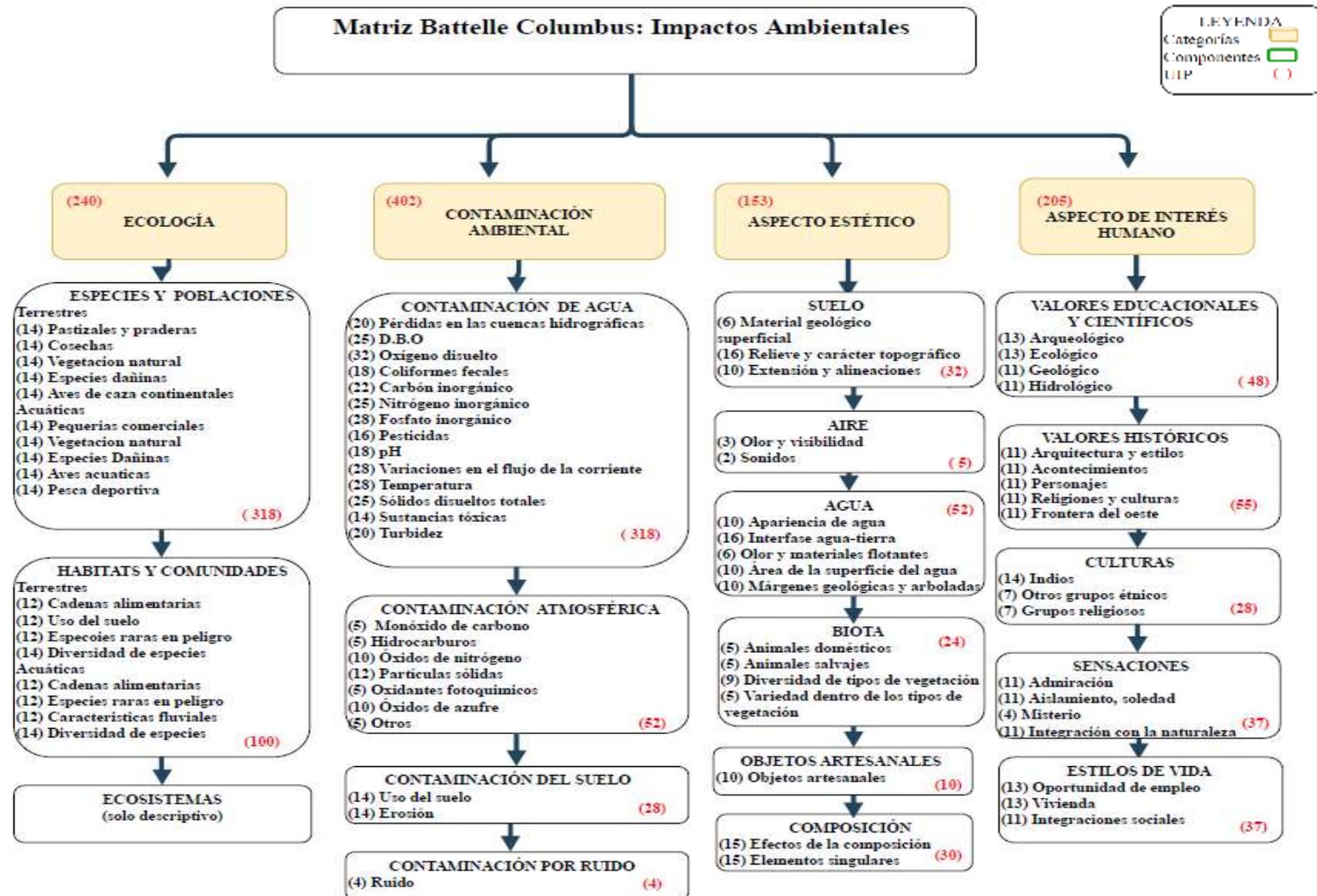


**Fuente:** (Castro, 2013)

**Elaborado por:** Juiña, G & Simba, M. (2019)

Para ponderar los factores de BC se utilizó el Método Delphi (Róman, 2016), definiendo cuatro (4) categorías, dieciocho (18) componentes, y setenta y ocho (78) parámetros (Fig.2). Entre ellos se repartieron mil unidades de importancia entre las cuatro categorías: ecología (240), contaminación ambiental (402), estética (153) e interés humano (205). Aunque no todos los parámetros sean aplicables para obras a nivel mundial (uno de esos parámetros considera, por ejemplo, a los indios americanos), pero el método utilizado para ponderar los factores puede repetirse en otras circunstancias (Garmendia, A et al., 2005)

Figura N°2. Matriz de evaluación de impactos ambientales con la metodología Battelle Columbus



En la matriz de Battelle, las cuatro categorías (Figura N° 2) están representadas con óvalos de color naranja, están estructuradas en función de las características particulares de los impactos negativos y positivos generados en las obras hidráulicas, son ordenadas por rango o escala, que establecen un orden lógico (Cuya, 2014); (Vélez, 2015).

Los componentes ambientales son todos aquellos factores que nos rodean a todos los seres vivos, son elementos de un complejo mecanismo que posee viabilidad propia y que depende en mayor medida de sus parámetros (Dee et al., 1973). Los 18 componentes (Figura N° 2) están simbolizados por cuadrados de color verde, cada uno de ellos representa términos de generalidad intermedia, varios grupos de parámetros similares conforman los componentes ambientales. Casi todos los componentes ambientales, suelo, fauna, vegetación, paisaje, aprovechamientos, etc. dependen directamente de la calidad y del régimen del agua. Se puede concluir, por tanto, que los impactos que reciba el régimen hídrico o la calidad de las aguas son mucho más importantes que los demás pues de ellos depende la vitalidad (PROBIDES, 2001).

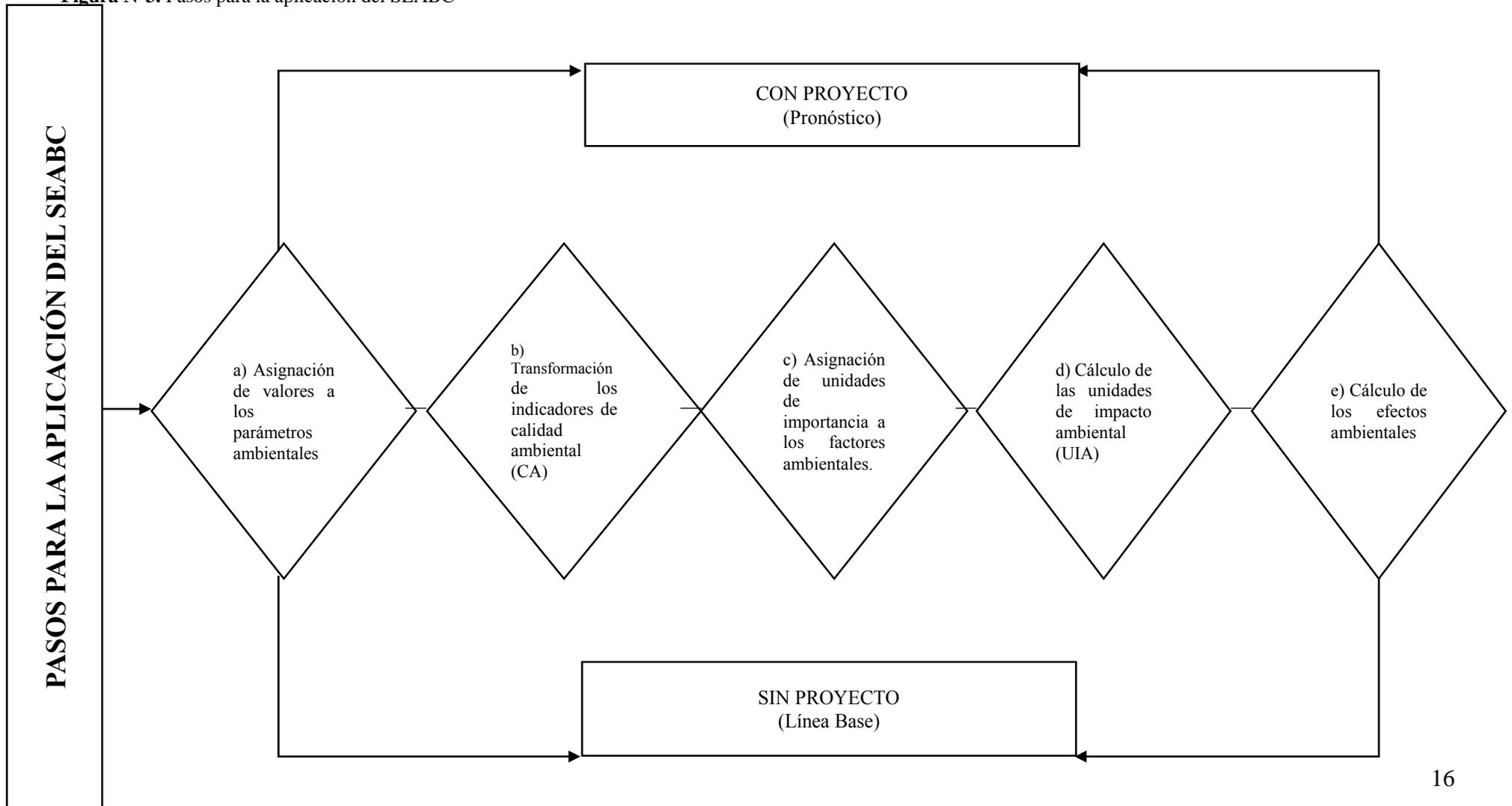
Los parámetros ambientales (Figura N°2) representados en letra negrita, corresponde al nivel máximo de desagregación de un factor ambiental, que puede ser medido (Toro et al., 2016). La asignación de valores a los parámetros ambientales consiste en su medición (trabajo en campo) y predicción (modelación o conocimiento experto), en situaciones con y sin proyecto, para expresar el resultado en términos de calidad ambiental, se obtienen valores que oscilan entre cero y uno, donde cero (0) significa una mala calidad ambiental y uno (1) la calidad ambiental óptima, se toma los diferentes valores de los parámetros obtenidos y sus respectivas unidades de medida para convertirlos a unidades de calidad ambiental (CA) por medio de las funciones de transformación.

Las medidas ambientales (Figura N°2) representados en números de color rojo, constituyen valores fijos para cada uno de los 78 factores y que, sumándolos, dan un total 1000 Unidades de Importancia del Parámetro (UIP).

### 6.2.2.2. Pasos para la aplicación del SEABC

La aplicación se ejecuta en cinco pasos para la fase SIN proyecto y CON proyecto (Figura N°3) como se detalla a continuación

Figura N°3. Pasos para la aplicación del SEABC



- a) La asignación de valores a los parámetros ambientales consiste en su medición (a través de trabajo en campo) y predicción (mediante modelación o conocimiento experto), para las situaciones con y sin proyecto. Estas mediciones se reportan en sus unidades de medida habituales

Ejemplo:

El proyecto de una planta de tratamiento de efluentes de agua residual doméstica, en la fase SIN proyecto el DBO<sub>5</sub> presenta 0,93 mg/L (valor del parámetro de la línea base), mientras que en la fase CON proyecto, se pronostica que el DBO<sub>5</sub> descenderá a 3,45 mg/L (valor del parámetro pronosticado), según la eficiencia de la planta del 67.5%

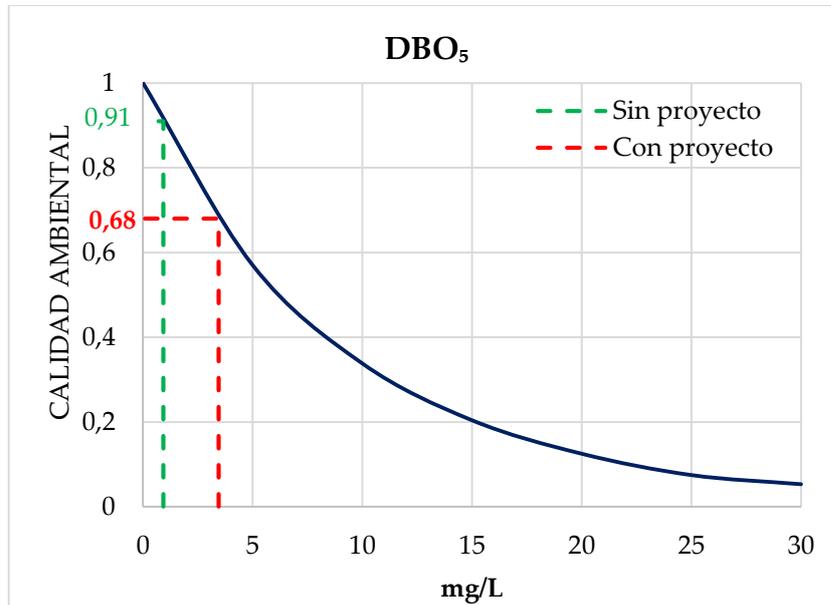
- b) La transformación de los indicadores de calidad ambiental, toma los diferentes valores de los parámetros obtenidos y sus respectivas unidades de medida para convertirlos a unidades de calidad ambiental (CA), por medio de la función de transformación. Como resultado se obtienen valores que oscilan entre cero y uno, donde cero (0) significa una mala calidad ambiental y uno (1) la calidad ambiental óptima.

Ejemplo:

SIN PROYECTO: los 0,93 mg/L de DBO<sub>5</sub>, corresponden a 0.91/1 (Figura N°4) de calidad ambiental según la función de transformación.

CON PROYECTO: los 3,45 mg/L de DBO<sub>5</sub>, corresponden a 0.68/1 (Figura N°4) de calidad ambiental según la función de transformación.

**Figura N°4.** Calidad Ambiental de DBO<sub>5</sub>



**Elaborado por:** Juiña, G & Simba, M. (2020)

- c) Obtenida la CA de los parámetros SIN y CON proyecto, se procede a la asignación de Unidades de Importancia. Debido a que cada parámetro ambiental tiene una función y grado de importancia diferente en el sistema, se distribuyen 1000 Unidades de Importancia del Parámetro (UIP) entre todos para realizar su ponderación.

Ejemplo:

Las unidades de importancia en la matriz de Battelle para DBO<sub>5</sub>, es 25

**Tabla N°3.** Unidades de importancia del DBO<sub>5</sub>

	SIN Proyecto	CON Proyecto
DBO <sub>5</sub>	0,93 mg/L	3,5 mg/L
Calidad Ambiental (CA)	0,91	0,68
<b>Unidades de importancia del parámetro (UIP)</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

**Elaborado por:** Juiña, G & Simba, M. (2020)

- d) En este paso se realiza el cálculo de las Unidades de Impacto Ambiental (UIA) en la fase SIN y CON proyecto, aplicando la ecuación (1)

$$UIA = UIP \times CA \quad (1)$$

Donde:

- UIA: Unidad de Impacto Ambiental.
- UIP: Unidad de importancia del parámetro.
- CA: Calidad Ambiental.

Ejemplo:

**Tabla N°4.** Unidades de impacto del DBO<sub>5</sub>

	SIN Proyecto	CON Proyecto
DBO <sub>5</sub>	0,93 mg/L	3,5 mg/L
Calidad Ambiental (CA)	0,91	0,68
Unidades de importancia del parámetro (UIP)	25	25
<b>Unidad de Impacto Ambiental</b>	<b>22,75</b>	<b>17</b>

**Elaborado por:** Juiña, G & Simba, M. (2020)

e) Finalmente, se calculan los efectos ambientales a través de los cambios netos (CN) de los parámetros. Además, se realiza la diferencia entre las sumas ponderadas de los parámetros con y sin proyecto y posteriormente se calcula la diferencia total de las Unidades de Impacto Ambiental de cada una de las categorías.

$$CN = (UIA \text{ con proyecto}) - (UIA \text{ sin proyecto}) \quad (1)$$

Donde:

**CN:** cambio neto

Cuando  $CN > 0$ , la situación "con" el proyecto es mejor que "sin" el proyecto, lo que indica que el proyecto tiene beneficios positivos para el medio ambiente. Por el contrario, cuando  $CN < 0$ , la situación "con" el proyecto es peor que "sin" el proyecto, lo que indica que el proyecto tiene impactos negativos. Valores negativos altos de CN se consideran impactos negativos considerables.

Con la finalidad de valorizar de forma porcentual el impacto, se aplica la ecuación (3). (Dee et al., 1973).

$$\% \text{ CN} = \frac{(UIA \text{ sin proyecto}) - (UIA \text{ con proyecto})}{(UIA \text{ sin proyecto})} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

% CN: porcentaje del cambio neto

Una vez que se obtiene los valores del porcentaje de CN, se establece Señales de alerta, considerando dos reglas. (Dee et al., 1973)

Regla N°1. Si el valor porcentual es <30% para los parámetros de la categoría contaminación ambiental y aspecto estético se representa con una señal de alerta roja, de tonalidad baja.

Regla N°2. Si el valor porcentual es ≥ 30% para los parámetros de la categoría contaminación ambiental y aspecto estético se representa con una señal de alerta roja, de tonalidad alta.

Además, en la categoría ecología se aplica la regla 1 y 2 solo para los dos componentes, debido que el tercero es descriptivo (ecosistemas) y por ende no se puede valorar.

Ejemplo:

**Tabla N°5.** Cambio neto y porcentaje de impacto de ambiental por parámetro

	SIN Proyecto	CON Proyecto
DBO <sub>5</sub>	0,93 mg/L	3,5 mg/L
Calidad Ambiental (CA)	0,91	0,68
Unidades de importancia del parámetro (UIP)	25	25
Unidad de Impacto Ambiental (UIA)	22,75	17
<b>Cambio Neto</b>		<b>-5,75</b>
<b>Ponderado</b>		<b>5,75</b>
<b>Porcentaje</b>		<b>25,27%</b>
<b>Señal de alerta</b>		

**Elaborado por:** Juiña, G & Simba, M. (2020)

La interpretación se realiza por parámetro según el cambio neto, el porcentaje de impacto y señales de alerta. En el caso del parámetro DBO<sub>5</sub>, el cambio ambiental generado sin y con

proyecto, es negativo de -5,75, siendo un valor bajo de impacto, representado en el 25, 27% (no supera el 30%); es decir, la obra no representaría un riesgo ambiental para este indicador, por esa razón el color de la bandera es de rojo tenue.

### **6.1.1.3 Debilidades del SEABC**

- Una de las mas representativas desventajas es que este metodo fue diseñado para determinar el impacto ambiental de proyectos hidráulicos es decir son específicas para planificación y gestión de recursos hídricos, limitando su aplicabilidad solo para esta área.
- Obtener los valores de los 78 parámetros y las funciones de calidad ambiental muchas veces no es posible en los proyectos, por eso se recomienda levantar la línea base en relación a los 78 parámetros a evaluar
- Requiere evaluadores experimentados, que conozcan mucho del proyecto, sus implicaciones y del medio receptor.
- Requiere disponer de funciones de transformación para todos los factores ambientales que se consideren. Exige una buena base de información del ambiente afectado.
- No permite visualizar la temporalidad de los impactos.
- No se muestra en forma clara la relación causa-efecto.  
Requiere de una memoria explicativa para determinar el impacto y las consecuencias del mismo.

## **6.2. Conceptualización de categoría y parámetro**

### **6.2.1 Categoría contaminación ambiental**

La categoría de contaminación ambiental, en la metodología de Battelle se agrupan las características del medio natural en cuatro componentes: contaminación del agua, contaminación atmosférica, contaminación del suelo y contaminación por ruido, esto mediante la observación de 24 parámetros.

La categoría Contaminación Ambiental está conformada por 24 parámetros, a continuación, los definimos:

### ***Pérdidas en las cuencas hidrográficas***

El parámetro pérdidas en las cuencas hidrográficas relaciona los elementos principales del balance hídrico con su impacto en la calidad ambiental. Este parámetro se cuantifica mediante la relación de dos factores: 1) *La descarga natural* anual promedio que se mediría en la desembocadura de un río en el caso de no tener ningún tipo intervención artificial en la cuenca. Este número se puede calcular sumando a la descarga anual promedio existente en la desembocadura del río, la evaporación estimada y otras pérdidas netas naturales en la cuenca. 2) Las pérdidas hechas por el ser humano calculada como el valor anual promedio en la cuenca debido a pérdidas por evaporación, uso consuntivo y otras pérdidas resultantes de desarrollos provocados por el hombre. (Dee et al., 1973)

### ***Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)***

La demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se define como la cantidad de oxígeno requerida por un ecosistema para oxidar el contenido orgánico en el ambiente acuático. En general se analiza la cantidad de oxígeno que las bacterias y otros seres vivos consumen durante 5 días a una temperatura del agua a 20°C, la DBO<sub>5</sub>, el cual es un indicador de todas las sustancias biodegradables presentes en el agua. La DBD se expresa como la cantidad de oxígeno disuelto (mg/L) y se utiliza como un indicador ambiental (Chapra, 2008).

### ***Oxígeno disuelto***

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad oxígeno libre (O<sub>2</sub>) que se encuentra en el agua, el cual es un indicador de la capacidad de un cuerpo de agua para mantener la vida acuática. El OD se mide en concentración (mg/L) o porcentaje de saturación. La concentración de OD en el agua depende de intercambio del oxígeno entre la atmósfera y la superficie del agua, las sustancias que contiene el agua y la temperatura (Sardiñas et al., n.d.). El OD se considera un indicador de la contaminación del agua, por ejemplo: un contenido OD mayor a 8 mg/L indica una buena calidad da agua mientras que valores inferiores indican procesos de descomposición de materia orgánica donde las bacterias utilizan el oxígeno.

### ***Coliformes fecales***

Las coliformes son una familia de bacterias aerobias o facultativas que se usan como indicador de materia fecal de animales de sangre caliente y contaminación producida por aguas residuales o desechos en descomposición (Ramos-Ortega et al., n.d.). El contenido de coliformes fecales

se calcula como el número más probable (NMP), que es la media aritmética de coliformes fecales por 100.

### ***Carbono total inorgánico***

El parámetro carbono total inorgánico (CTI) es la suma de las especies de carbono: dióxido de carbono, bicarbonato y carbonato. El carbono inorgánico es la principal fuente de carbono de los organismos fotosintéticos en la red trófica.(Dee et al., 1973).

### ***Nitrógeno inorgánico***

El Nitrógeno es un micronutriente esencial para todos los organismos vivos, en especial el nitrógeno inorgánico es un factor determinante en el crecimiento en ambientes acuáticos. El nitrógeno inorgánico en forma de amoníaco y nitrato son las principales formas de nutrientes nitrógenos disponibles para los organismos eutróficos. El nitrógeno orgánico está disponible solo después de la conversión a formas inorgánicas por acción bacteriana, es por esto que es un indicador de la calidad del agua. Por ejemplo: los residuos industriales, municipales y de fertilizantes en la escorrentía agrícola son las principales fuentes de nitrógeno inorgánico en las aguas superficiales,(Dee et al., 1973) lo que nos indicaría contaminación por alguna de estas fuentes.

### ***Fosfato inorgánico***

El fosfato inorgánico es uno de los nutrientes elementales básicos necesarios para mantener la vida acuática y su influencia es tan importante que determina el crecimiento de plantas y otros organismos determinando cuando ocurre la eutrofización. El rango crítico de fosfato en el agua está comprendido entre 0,005 y 0,02 mg/L, donde para valores bajos implica un crecimiento limitado de la vida acuática, mientras que para valores mayores implica un crecimiento descontrolado de vida acuática (eutrofización). Algunas de las fuentes de fósforo son las aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas que contienen material fertilizante(Dee et al., 1973).

### ***Pesticidas***

Los pesticidas incluyen una amplia categoría de insecticidas, herbicidas y alguicidas los cuales tiene un efecto nocivo en la calidad ambiental y varía ampliamente de un pesticida a otro. Por otra parte, las concentraciones máximas permisibles varían ampliamente y debido a que es

complejo definir una función de calidad ambiental para cada pesticida. (Dee et al., 1973), plantea una proporción que relaciona la concentración existente o esperada de un dado pesticida y su respectiva concentración máxima permitida.

### ***pH***

El pH es la medida de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua. Si el agua contiene más iones de hidrógeno tiene una mayor acidez esto quiere decir que las aguas muy poco mineralizadas. Mientras que agua que contiene más iones de hidróxido indica un rango básico, que son alcalinas fundamentalmente por los bicarbonatos que tiene disueltos el agua. El pH determina la vida acuática en sus diferentes formas, donde la mayoría de seres acuáticos prefieren un rango de pH entre 6,5-9,0. Fuera de este rango la mayoría de peces muere. El pH es afectado por la sedimentación atmosférica (o lluvia ácida) provenientes de industrias y transporte, los vertidos de aguas residuales, los drenajes de las minas y el tipo de rocas que forman el lecho de la masa de agua estudiada (Sardiñas et al., n.d.).

### ***Variación del flujo de la corriente***

La naturaleza y la magnitud de las variaciones del flujo de la corriente son factores críticos que rigen el tipo de sistema ecológico que se desarrollará y sobrevivirá en un curso de agua dado. Si el patrón de variación del flujo de la corriente cambia notablemente de lo que es natural, puede producirse una interrupción posterior de la ecología natural. Una consecuencia principal de los proyectos de represas y embalses de las hidroeléctricas, es un cambio significativo en el patrón de variación del flujo de la corriente. Aunque los efectos potencialmente adversos de los cambios en el flujo de la corriente son ampliamente reconocidos, al menos de manera subjetiva, no existen medios aceptados para cuantificar estos efectos (Dee et al., 1973).

### ***Temperatura***

La temperatura afecta el grado de solubilidad que puede tener determinado cuerpo de agua. Al aumentar la temperatura, aumenta el nivel de solubilidad. Las diferencias de temperatura del agua permiten que aguas más templadas floten sobre aguas más frías, lo cual se generaliza a medida que la temperatura de un cuerpo de agua se eleva o disminuye estacionalmente, creándose un perfil de temperatura que varía con la profundidad (EFFICACITAS, 2009). Se determina la variación con la diferencia entre la temperatura la temperatura máxima y mínimas.

### ***Sólidos disueltos totales***

La concentración de sólidos disueltos totales (TDS), esta generalmente se encuentra conformado por materia coloidal y compuestos solubles, tanto orgánicos como inorgánicos (sales) como lo son los agregados de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos, etc. y otras sustancias. Todas las sales en solución cambian la naturaleza física y química del agua y ejercen presión osmótica (Dee et al., 1973).

### ***Turbidez***

La turbidez es una medida de la medida en que la luz que pasa a través del agua se reduce por la dispersión inducida por los materiales suspendidos. Es, por lo tanto, un indicador del nivel de materia suspendida en el agua. La turbidez puede ser el resultado de materiales presentes de forma natural, procesos microbiológicos, erosión o actividades relacionadas con el hombre, como la descarga de desechos, dragados, etc. (Dee et al., 1973).

### **Contaminación atmosférica**

#### ***Monóxido de carbono***

El monóxido de carbono (CO) es un gas inodoro e incoloro. Se forma cuando el carbono de los combustibles no se quema completamente, lo cual ocurre en los motores de los vehículos. Otras fuentes incluyen la combustión de combustibles fósiles en procesos industriales y también fuentes naturales como los incendios forestales. Sobre la base de las toneladas emitidas por año, el monóxido de carbono a menudo se conoce como el contaminante más penetrante en la atmósfera (Secretaría Ambiente DMQ, 2017).

#### ***Óxidos de nitrógeno***

Los óxidos de nitrógeno, junto con los hidrocarburos, participan en reacciones fotoquímicas que conducen a la formación de smog fotoquímico. El óxido nítrico (NO) se forma durante la combustión a altas temperaturas como en los motores de automóviles y las grandes centrales eléctricas. Luego se oxida a dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), lo que conduce a la formación de smog (MTETDE, 2018).

### ***Hidrocarburos***

Los hidrocarburos son aquellos contaminantes que resultan principalmente a menudo de productos derivados del petróleo, con el escape de automóviles como fuente principal. Su papel más importante es como precursores oxidantes en la formación de smog fotoquímico (Ambientum, 2019).

### ***Material Particulado***

Las partículas sólidas, son un indicador representativo común de la contaminación del aire. Incluso en lugares remotos no contaminados por el hombre, el aire más limpio generalmente contiene algunos cientos de partículas por centímetro cúbico. La mayor parte del aire contiene algo de material particulado (Dee et al., 1973).

### ***Oxidantes fotoquímicos***

Oxidantes producto de reacciones químicas que ocurren por influencia de energía radiante, ya sea del sol o de otra fuente, principalmente entre óxidos de nitrógeno e hidrocarburos no saturados, ambos emitidos mayoritariamente por los tubos de escape de los automóviles, con la decisiva e imprescindible cooperación de ciertas condiciones meteorológicas favorables. El ozono es el principal de los gases oxidantes que se monitorea e informa colectivamente como oxidantes (OSMAN, 2018).

### ***Óxido de azufre***

Los óxidos de azufre más importantes por lo que respecta a la contaminación atmosférica son el dióxido de azufre y el trióxido de azufre, se originan en las combustiones de combustible fósiles que contienen azufre, como es el caso del carbón, el petróleo y algunos derivados. El dióxido de azufre es generalmente el único óxido de azufre considerado, aunque tiene una vida relativamente corta (Dee et al., 1973).

### ***Otros***

Una categoría incluida para permitir el manejo de contaminantes no cubiertos en la lista anterior. Se considera que esta categoría es necesaria debido al amplio espectro de contaminantes atmosféricos potenciales de fuentes industriales que podrían resultar directamente del agua (Dee et al., 1973)

## **Contaminación del suelo**

### ***Uso de suelo***

El uso de suelo está relacionado de alguna manera con todos los demás usos de la tierra, su distribución espacial en un área es importante. Los usos del suelo resultantes de estas y otras actividades relacionadas han afectado la calidad ambiental de manera adversa y beneficiosa. Para este análisis, todos los usos de la tierra se han agrupado en dos clases: tierra no desarrollada y desarrollada. Se considera que la tierra no desarrollada tiene un impacto mínimo en el medio ambiente y, por lo tanto, tiene una alta calidad ambiental. Todas las demás tierras se definen como desarrolladas. Estos límites son desde el borde del río existente o del embalse desarrollado hasta la línea a un punto a media milla de distancia horizontal del río / embalse (Dee et al., 1973).

### ***Erosión***

La erosión del suelo se define generalmente como el debilitamiento y la remoción de materiales rocosos en la superficie de la tierra por cualquier proceso. La erosión del suelo es otro mecanismo por el cual los proyectos hidroeléctricos pueden afectar la calidad ambiental general. La erosión es un proceso natural que actúa siempre en diversos grados. Existen oportunidades para aumentar la erosión durante las fases de construcción y más tarde si no se ejercen controles de uso de la tierra y otras precauciones en el sitio del embalse (FAO, 2019).

## **Contaminación por ruido**

### ***Ruido***

La contaminación por ruido se ha reconocido más precisamente como un estresor ambiental. Aunque los proyectos hidroeléctricos y las actividades relacionadas son solo fuentes menores de contaminación acústica, el ruido se incluye como parámetro en áreas de la exhaustividad. El ruido es creado tanto por actividades del hombre como por fenómenos naturales. El ruido puede tener un efecto fisiológico, en cuyo caso puede considerarse un contaminante o un efecto psicológico, en cuyo caso es más un factor estético (Dee et al., 1973).

## **6.2.2. Aspecto Estético**

La evaluación del aspecto estético se realizó mediante el análisis del impacto ambiental en el entorno como resultado de la afectación de una acción humana, su valoración se realiza mediante un debate sobre la apreciación estética o visual de la calidad del paisaje de un proyecto propuesto, así la estimación se obtiene por medio de comparaciones objetivas en áreas geográficas "sin" y "con" proyectos (Espinoza, 2002).

El Aspecto Estético está conformada por 6 componentes (agua, suelo, aire, biota, objetos artesanales, composición) y 17 parámetros, a continuación, los definimos:

### **Suelo**

#### ***Material geológico superficial***

La calidad estética del suelo se ve realzada por la inusual coloración, diversidad en los tipos y texturas de los materiales que la componen (Dee et al., 1973)

#### ***Relieve y Carácter Topográfico***

La evaluación del relieve y carácter topográfico se realiza en base a : la diferencia vertical entre los puntos de tierra más altos y más bajos del área y la forma de las características topográficas (Dee et al., 1973).

#### ***Extensión y Alineaciones***

La proporción del ancho de un cañón o garganta a su profundidad (medida desde los puntos circundantes más altos hasta el fondo del valle) y la desviación de un curso de agua desde una línea recta tienen una relación directa con la calidad estética de un valle o arroyo profundo (Dee et al., 1973).

### **Aire**

#### ***Olor y visibilidad***

El aire contaminado es estéticamente ofensivo en al menos dos formas: (1) puede contener olores desagradables y (2) puede contener gases visibles o partículas suspendidas que hacen que la vista sea opaca y plana, o incluso prácticamente invisible (Dee et al., 1973).

### ***Sonido***

El sonido se evaluará según su agrado o desagrado y frecuencia (Dee et al., 1973).

### **Agua**

#### ***Apariencia del Agua***

La calidad estética del agua depende de su claridad, características de flujo y velocidad de movimiento (Dee et al., 1973).

#### ***Interface agua – tierra***

La interface agua – tierra se refiere a la presencia y abundancia de árboles y arbustos cerca de las orillas, crean una interfaz más interesante entre la tierra y el agua (Dee et al., 1973).

#### ***Olor y Materiales flotantes***

El agua que emite un olor desagradable o que transporta cantidades excesivas de desechos flotantes, aceite o espuma es estéticamente desagradable. Se reconoce que ciertos olores de aguas suaves y naturales, aunque son notables, no siempre son desagradables y deben clasificarse solo ligeramente más bajos que ningún olor. Tanto el grado de olor presente como la extensión de los materiales flotantes desprendidos (Dee et al., 1973).

#### ***Área de la Superficie del Agua***

La superficie del agua mientras mayor es el ancho y el área de superficie, mayor es su impacto estético (Dee et al., 1973).

#### ***Márgenes Geológicos y Arboladas***

La arena, la grava y la roca son los materiales geológicos más visualmente agradables para el borde de un arroyo o lago, mientras que el suelo fino y el barro sin vegetación generalmente restan valor a la escena. La presencia y abundancia de árboles y arbustos cerca de la costa proporcionan un elemento vertical texturizado para definir la costa, creando una interfaz más interesante entre la tierra y el agua. (Dee et al., 1973).

## **Biota**

### ***Animales Doméstico***

En un entorno pastoral, en particular el ganado vacuno y los caballos, son un activo para la estética del paisaje. Dichos animales dan escala, movimiento y vida a una composición rural, pero su exceso de abundancia agrega poco a la calidad visual de una escena y puede, debido al pastoreo excesivo o al olor, restarle valor (Dee et al., 1973).

### ***Animales Silvestres***

La presencia de mamíferos y aves silvestres tiene un valor estético muy positivo. Los mamíferos herbívoros grandes tienen la tasa más alta. Los mamíferos más pequeños y todas las aves silvestres se suman de manera considerable a la emoción de las vistas y los sonidos de un área. Los grandes mamíferos como el jaguar, el puma negro, oso de anteojos entre otros (Dee et al., 1973).

### ***Diversidad de Tipo de Vegetación***

La calidad estética de un sitio depende de sus tipos de vegetación y de las proporciones de los diferentes tipos entre sí. Los árboles se consideran el tipo de vegetación más agradable visualmente, y los cultivos cultivados (de regadío) un poco menos. Los arbustos bajos, el pasto y el cultivo en seco se clasifican colectivamente como algo más bajos que estos, y la ausencia de vegetación se considera la menos placentera (Dee et al., 1973).

### ***Variedad dentro del Tipo de Vegetación***

Cuanto mayor sea la diversidad de especies de plantas dentro de un tipo de ecosistemas más atractivo visualmente será un sitio. Las especies de plantas especialmente inusuales o raras especialmente atractivas aumentan en gran medida el interés estético y el atractivo de un área. La importancia del parámetro es que se produce una pérdida irreparable si se destruye un hábitat inusual o un elemento inusual, como una planta rara, debido a la construcción del proyecto (Dee et al., 1973).

### ***Objetos Artesanales***

La calidad estética de las estructuras construidas en gran medida en su grado de consonancia con el entorno natural. Un objeto hecho por el hombre se considera consonante si es armonioso o está subordinado a la naturaleza. Esto está determinado por la ubicación, el diseño, el tamaño,

el color y la textura. Estructuras tales como edificios de servicios públicos, carreteras, líneas de transmisión, centros de información y pequeñas presas deben mantenerse subordinadas al entorno natural (Dee et al., 1973).

## **Composición**

### ***Efectos de composición***

El SEE de Battelle expresa la importancia de este parámetro en términos de la interacción de la tierra, el aire, el agua, la biota y los objetos hechos por el hombre como una experiencia visual que puede ser desagradable o espectacular (Dee et al., 1973).

### ***Elementos Singulares***

Este parámetro podría designarse como "raro y en peligro de extinción", desde la definición de composición de Battelle, es el grado de espectacularidad de un área. Algunos elementos del patrón general pueden ser únicos o tan vulnerables que un proyecto los haría un daño irreparable. La consideración clave, aquí, es el grado de vulnerabilidad de los elementos singulares si existen y su importancia gira en torno al hecho de que su alteración es una irremediable pérdida para toda la humanidad (Dee et al., 1973).

## **8. PREGUNTA CIENTÍFICA**

¿El Sistema de Evaluación Ambiental Batalla Columbus es adecuado para evaluar los impactos ambientales desde el punto de vista Contaminación Ambiental y Aspecto Estético de la obra Coca Codo Sinclair?

## **9. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)**

La presente investigación es de tipo bibliográfico por esta razón se procedió a la búsqueda de artículos científicos y tesis en las principales bases de datos de EsIA. Las bases de datos utilizadas fueron: Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, SciELO (Scientific Electronic Library Online) y Web of Science. Además se investigó EsIAs realizados para el proyecto CCS son: Coca Codo Sinclair construcción de la vía de acceso a la casa de máquinas (ENTRIX, 2009), Estudio de Impacto Ambiental Definitivo Proyecto Coca Codo Sinclair (EFFICACITAS, 2009). Otra información fundamental como aporte para esta investigación fueron los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón El Chaco (GAD municipal El Chaco, 2014) Para complemento de información recurrimos a EsIAs, EIA, Tesis, Libros, Artículos científicos y periodísticos relacionados con el Proyecto CCS : EsIA para la fase de desarrollo y producción

del bloque Tarapoa (ANDES PETROLEUM ECUADOR LTD., 2019), manuales de la flora y fauna de la Amazonia (González et al., 1991), (COCASINCLAIR, 2013), a continuación se empleó los siguientes artículos: Desaparición de la cascada San Rafael (Paz, 2020), Beneficios de la integración de la Naturaleza (RRHHDigital, 2019) y el libro An environmental evaluation system for water resource planning. Water Resources Research (Dee et al., 1973). En la estrategia de indagación web, se utilizaron combinaciones de los siguientes términos: Battelle-Columbus, Coca Codo Sinclair, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Estudio de Impacto Ambiental, Evaluación de Impacto Ambiental.

La mayoría de los estudios referentes al sistema de evaluación de impacto ambiental BC, se publicaron en inglés y el país que tiene mayor aplicación de la metodología es el país de origen, Estados Unidos de América. Las primeras investigaciones acerca de la factibilidad de CCS se presentan desde el año 1970, pero es desde el año 1976 que se comienza a realizar Estudio de Impacto Ambiental. La búsqueda de documentos incluyó el idioma inglés y español, se fijó para el período de análisis los años 1972 a 2020. Las documentaciones bibliográficas elegidas para el estudio fueron: 21 artículos, 13 EsIAs, 2 PDOTs, 4 Tesis, 2 Manuales, 4 Libro, 11 Páginas web; que en total se refleja 75 documentos para revisión bibliográfica.

## **8.1. MÉTODOS**

### **8.1.1. Deductivo**

Para la presente investigación empleamos el método deductivo, el mismo que parte de lo general a lo específico, en efecto tomamos información de línea base que detalla de forma general las condiciones ambientales del área de estudio antes del proyecto, por consiguiente, obtenemos resultados específicos del cambio en la calidad ambiental posterior a la ejecución del proyecto. Mediante este método podemos llegar a conclusiones rigurosas y validas; además permite deducir los fenómenos que se desencadenaran producto de la afectación ambiental.

### **8.1.2. Instrumentos**

#### **Artículos Científicos y Periodísticos**

La información fidedigna tomada de los artículos, aportan en la valoración de cada parámetro y definir la calidad ambiental, ya sea desde datos u opiniones fundamentadas en hechos conocidos.

### **Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)**

Contienen información que muestra la situación del territorio político y su población, se respaldan en datos generados en censos (INEC) y estudios técnicos para identificar las potencialidades, deficiencias o carencias. Este contenido es usado para sustentar el valor dado a ciertos parámetros que no son tomados en cuenta por otros EsIA.

### **Estudios de Impacto Ambiental (EsIA)**

Es un diagnóstico ambiental que identifica, evalúa y valorar los impactos que podrían ocurrir en las zonas de influencia del proyecto. Esta información es base para determinar el valor de calidad ambiental de los parámetros contenidos en cada categoría.

### **Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA)**

Es un proceso de análisis que pronostica futuros efectos ambientales de determinadas acciones, así mismo permite la selección de alternativas que alcancen beneficios y disminuyan impactos.

### **Tesis**

Es una proposición concreta, desarrollada con una metodología de investigación consistente, los argumentos que ahí se encuentran son válidos para apoyar la evaluación. Acorde al tema de tesis podemos encontrar información que serviría para la valoración de la calidad ambiental de ciertos parámetros en fase ex post del proyecto.

### **Libros**

Es una obra científica que muestra información de temas relevantes, el material extraído es un apoyo para definir conceptos no conocidos, en algunos casos se encuentran datos estadísticos útiles para la valoración de la calidad ambiental, o contiene argumentos que son usados para contrastar opiniones propias.

### **10. DISEÑO EXPERIMENTAL:**

NO aplica por el tipo de investigación

### **11. METODOLOGIA DE BATTELLE COLUMBUS**

La evaluación de impacto ambiental para la categoría Contaminación Ambiental es necesario la aplicación de ecuaciones para ciertos parámetros como:

### ***Pérdidas en las cuencas hidrográficas***

$$\text{Pérdidas en la cuencas hidrográficas} = \frac{\text{Pérdidas hechas por el ser humano}}{\text{Descarga natural anual}} \cdot 100 \quad (3)$$

### ***Pesticidas***

$$\text{Proporcion de concentració} = \frac{\text{CONCENTRACIÓN}}{\text{CONCENTRACIÓN MAXIMA PERMITIDA}} \quad (2)$$

\* Si hay más de un pesticida presente se emplea la siguiente expresión:

$$EQ = \frac{\sum_{i=1}^n EQ_i}{n} \times (0,9)^n \quad (3)$$

Dónde: EQ = Calidad ambiental general de pesticidas

EQ<sub>i</sub> = Calidad ambiental para pesticida que se obtiene de la figura (N° 1.8)

n = Número de pesticidas.

### ***Variación del flujo de la corriente***

Para la determinación de este parámetro se analiza, la magnitud de la variación del flujo de la corriente expresada como la relación entre el caudal máximo diario y mínimo diario, se emplean cuatro valores para establecer este valor y una de las cuatro graficas establecidas. A continuación, el número de días por año (expresado como porcentaje de 365) en que se producen los mencionados coeficientes de flujo y finalmente el período de tiempo predominante en el que el flujo cambia de un valor máximo a un valor mínimo o viceversa: se emplean tres períodos de tiempo discretos.

La calidad estética establece lineamientos para evaluar el impacto ambiental de las actividades, que apunta a determinar si un impacto producido por una actividad dada es menor que mínimo o transitorio o no. Tal determinación debe realizarse por medio de los siguientes lineamientos:

**Parámetro:** Material geológico superficial

**Lineamiento de Evaluación:**

Lugares con rocas de gran colorido, grandes áreas de roca lisa o cantos rodados, y la arena pura son visualmente deseables cuando el material geológico de la superficie no está oculto por la vegetación, que se clasificarían como muy altos en esta categoría. Mientras que un área de suelo fino sin vegetación o mugre cerca de un arroyo o un valle de reserva se clasificaría como baja.

**Parámetro:** Relieve y Carácter Topográfico

**Lineamiento de Evaluación:**

Cuanto mayor sea el relieve vertical, mayor será la calidad escénica de un sitio, es decir: Las formas de terreno lisas se clasifican en una curva de evaluación estética baja, mientras los perfiles escarpados y "en diente de sierra" se clasifican en la curva más alta; entre ambos se encuentran diversos grados de robustez e irregularidad.

**Parámetro:** Extensión y alineaciones

**Lineamiento de Evaluación:**

Un valle es visualmente más emocionante si su ancho es casi igual a su profundidad, menos si su ancho es dos o más veces su profundidad.

Una corriente o un embalse largo y estrecho es estéticamente más agradable si su camino es tortuoso, menos si está serpenteando suavemente, y menos si se aproxima a una línea recta.

**Parámetro:** Olor y visibilidad

**Lineamiento de Evaluación:**

El parámetro de olor y calidad visual debe tener una calificación muy baja si hay un olor desagradable (la bruma, el polvo o el smog). mientras que la falta de olor o un olor agradable son los más altos.

**Parámetro:** Sonido

**Lineamiento de Evaluación:**

Los sonidos agradables incluyen sonidos de animales naturales como el canto de los pájaros y los gritos de los salvajes, por otro lado, los sonidos desagradables incluyen los ruidos fuertes,

discordantes y antinaturales producidos por la industria, vehículos de carretera, ferrocarriles, aviones y otras máquinas.

**Parámetro:** Apariencia del agua

**Lineamiento de Evaluación:**

Cuando el agua es pura y clara es deseable. Mientras el agua blanca de movimiento rápido se considera más emocionante visualmente que el agua lenta o estática.

**Parámetro:** Olor y Materiales flotantes

**Lineamiento de Evaluación:**

El agua que emite un olor desagradable o que transporta cantidades excesivas de desechos flotantes, aceite o espuma es estéticamente desagradable. Se reconoce que ciertos olores de agua suaves y naturales, aunque son notables, no siempre son desagradables y deben clasificarse solo ligeramente más bajos que ningún olor.

**Parámetro:** Área de la Superficie del Agua

**Lineamiento de Evaluación:**

Se evalúa de acuerdo al área de la superficie del agua.

**Parámetro:** Márgenes Geológicas y Arboladas

**Lineamiento de Evaluación:**

El parámetro calculado para la escala de CA se evalúa de acuerdo al material geológico y la cubierta arbolada entre los márgenes entre 50 y 125 m desde la orilla del agua.

**Parámetro:** Animales Domésticos

**Lineamiento de Evaluación:**

Los animales domésticos en particular es el ganado vacuno y caballos, siendo un activo para la estética del paisaje.

**Parámetro:** Animales Salvajes

**Lineamiento de Evaluación:**

Se evalúa de acuerdo a la posibilidad de apreciar animales grandes y/o pequeños.

**Parámetro:** Diversidad de Tipo de Vegetación

**Lineamiento de Evaluación:**

Para calificar un sitio en particular sobre la diversidad de tipos de vegetación, solo se usa una de las cuatro secciones de la función de valor.

- **Tipo de vegetación 1:** Sin Vegetación
- **Tipo de vegetación 2:** Si la cubierta vegetal tiene un 45 % de arbustos bajos, pasto o cultivos secos, 35 % de árboles y 20 % sin vegetación.
- **Tipo de vegetación 3:** Cultivos (irrigados) cultivados
- **Tipo de vegetación 4:** Si dos o más tipos de vegetación en la tierra a evaluar están distribuidos por igual, se utiliza la curva correspondiente a la categoría más alta de material vegetal presente. En otras palabras, si la cubierta vegetal fuera  $\frac{1}{3}$  de hierba,  $\frac{1}{3}$  de árboles y  $\frac{1}{3}$  cultivos.

**Parámetro:** Variedad dentro de los Tipo de Vegetación

**Lineamiento de Evaluación:**

El parámetro calculado para la escala de CA se evalúa de acuerdo a la variedad de especies.

**Parámetro:** Objetos Artesanales

**Lineamiento de Evaluación:**

El parámetro calculado para la escala de CA se evalúa de acuerdo a la densidad de estructuras hechas por el hombre (edificios, carreteras, presas, líneas de transmisión, escasa construcción, etc.)

**Parámetro:** Efectos de composición

**Lineamiento de Evaluación:**

Se realiza mediante el análisis y evaluación estética, la respuesta del observador a la imagen total, a la interacción de todos los componentes.

**Parámetro:** Elementos singulares

**Lineamiento de Evaluación:**

Factores naturales singulares: acción geológica poco común (grutas, cascadas, yacimientos de fósiles, lugares de especies raras, ecosistemas raros).

## **12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:**

### **11.1. Aplicación de la metodología del Battelle Columbus (BC), para la Categoría Contaminación Ambiental**

La categoría de contaminación ambiental, en la metodología de Battelle se agrupan las características del medio natural en cuatro componentes: contaminación del agua, contaminación atmosférica, contaminación del suelo y contaminación por ruido, esto mediante la observación de 24 parámetros.

La contaminación hídrica se produce por la introducción y presencia de agentes químicos, físicos o biológicos que provocan la alteración del equilibrio y composición natural de ese medio. El agua se afecta por contaminantes que se depositan directamente o de forma indirecta, puntual o difusa (Manrique, 2016). El agua es uno de los elementos más dinámicos en torno a los proyectos hidráulicos, un ejemplo son las centrales hidroeléctricas, y por lo tanto sus áreas de influencia son de suma importancia para la gestión ambiental de dichos proyectos. Los recursos hídricos influenciados por estos proyectos son los cursos de agua aprovechados para el desarrollo hidroeléctrico desde la obra de toma hasta el canal de restitución (Maldonado, 2008). El uso de maquinaria y equipos que utilizan combustibles y lubricantes ocasionan un impacto significativo negativo sobre la calidad de este recurso, la excavación del túnel de aducción, producen un cambio en la circulación de las aguas subterráneas del sector, el movimiento de tierras que provocan el aumento en la sedimentación de los cuerpos de agua (Alvarado et al., 2017). Mientras que muchos de los efectos indirectos de los proyectos están a su vez relacionados con la contaminación atmosférica, que se produce por la presencia que existe en la atmósfera de pequeñas partículas o productos secundarios gaseosos que pueden implicar riesgo, daño o molestia para las personas, plantas y animales que se encuentran expuestas a dicho ambiente. Los principales medios por los cuales se produce contaminación atmosférica se concentran en los procesos industriales en donde se realiza combustión, así como por fuentes móviles y fijas tales como automóviles y maquinas a combustión. El aspecto más importante de estos impactos atmosféricos es que son de corta duración y pueden ser

controlados eficientemente por tratarse de actividades centralizadas generadas a través de un mismo contrato de construcción (Alvarado et al., 2017). El área de influencia de los proyectos de centrales hidroeléctricas en su fase de construcción tiene muy pocas fuentes que emiten gases, entre los cuales están los equipos y maquinarias que tienen que operar durante esta etapa de los proyectos. Dependiendo del lugar y las condiciones de estabilidad atmosférica permitirán el grado de dispersión de los contaminantes (Maldonado, 2008).

La contaminación del suelo se refiere a la alteración y presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no están destinados (Eugenio et al., 2019). Lo que provoca una reacción en cadena. Altera la biodiversidad del suelo, reduciendo la materia orgánica que contiene y su capacidad para actuar como filtro (FAO, 2018). La remoción y alteración parcial o total de la capa superficial del suelo debido a la eliminación de la cobertura vegetal existente y nivelación del terreno para la implementación de proyectos hidrológicos (Alvarado et al., 2017).

La contaminación acústica, que es el exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona, por lo que se diferencia de otros contaminantes ambientales por ser el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido, es complejo de medir y cuantificar y no deja residuos, además tiene un radio de acción menor que otros contaminantes ambientales, localizándose en espacios muy concretos (Álvarez et al., 2017), un claro ejemplo es el impacto que produce la construcción y operación de las centrales hidroeléctricas, debido a que su nivel de ruido en las cercanías de la operación de las maquinarias, trabajos específicos de movimiento de materiales o voladuras podría llegar hasta rangos de 90 a 120 dB que se consideran de molesto a doloroso (Alvarado et al., 2017).

Los proyectos hidroeléctricos, pueden causar modificaciones ambientales irreversibles, en extensas áreas geográficas, por lo cual tienen el potencial de generar impactos importantes. Por ello la implementación adecuada y puntual de esta categoría enfocadas en sus parámetros respectivos. Los componentes, y los parámetros de esta categoría son los que mejor están desarrollados porque han tenido el mayor uso en el pasado, son relativamente fáciles de medir o estimar, y tienen una amplia base de información disponible (Arroyo, 2007).

### **Contaminación del agua**

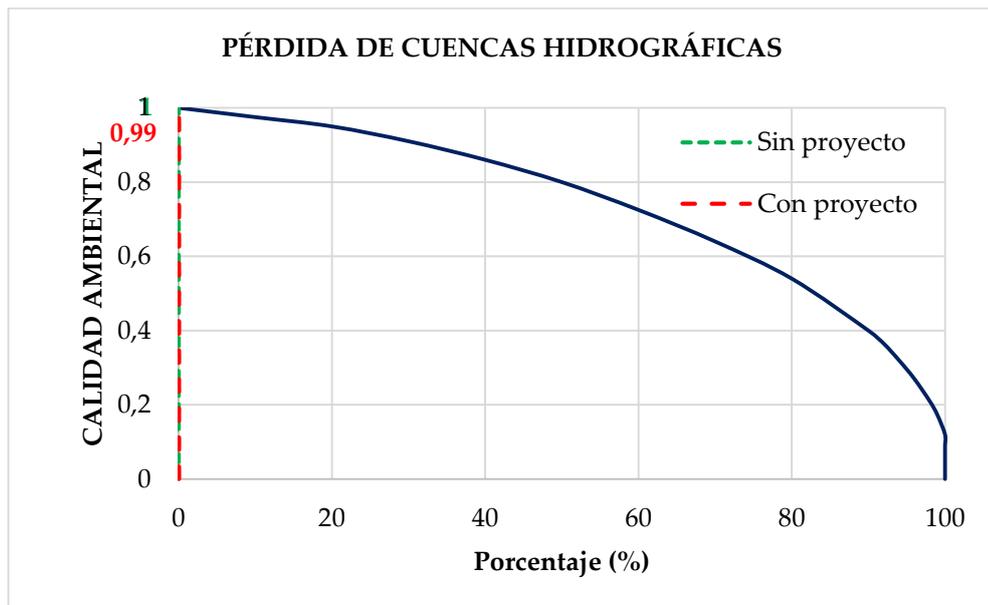
Los proyectos de aprovechamiento de los recursos hídricos tienen un impacto que altera el equilibrio natural del agua en la zona de intervención del proyecto.

### *Pérdidas en las cuencas hidrográficas*

Las pérdidas en las cuencas hidrográficas se expresan como un porcentaje mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdidas en la cuencas hidrográficas} = \frac{\text{Pérdidas hechas por el ser humano}}{\text{Descarga natural anual}} \cdot 100 \quad (4)$$

Para evaluar la calidad ambiental asociada a este parámetro se utiliza la figura (N° 1.1), en donde el eje  $x$  corresponde a las pérdidas en la cuenca hidrográfica en porcentaje, el eje  $y$  la calidad ambiental, donde 0 indica una mala calidad y 1 el estado ideal de calidad ambiental.



**Figura 1.1.** Pérdidas en las cuencas hidrográficas

### *Ejemplo:*

Se analizó el estudio de impacto ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair, la línea base (EFFICACITAS, 2009), en la sección en la que definen los aspectos hidrológicos se menciona que los caudales se calcularon a partir de los registros históricos del INECCEL en dos estaciones, las áreas de drenaje y la definición del punto de captación.

- *Sin proyecto*

Pérdidas hechas por el ser humano = 0 m<sup>3</sup>/s, descarga natural anual: 280 m<sup>3</sup>/s.

$$\text{Pérdidas en la cuencas hidrográficas} = \frac{0 \text{ m}^3/\text{s}}{280 \text{ m}^3/\text{s}} \cdot 100 = 0.00\%$$

Para el parámetro de pérdidas en las cuencas hidrográficas igual a 0 y a partir de la figura (N° 1.1) se obtiene una calidad ambiental de 1.

- *Con proyecto*

Se estima que el proyecto hidroeléctrico genera una pérdida anual promedio de 0.2 m<sup>3</sup>/s

$$\text{Pérdidas en la cuencas hidrográficas} = \frac{0,2 \text{ m}^3/\text{s}}{280 \text{ m}^3/\text{s}} \cdot 100 = 0,07\%$$

Para el parámetro de pérdidas en las cuencas hidrográficas igual a 0,07% y a partir de la figura (N° 1.1) se obtiene una calidad ambiental de 0,98.

El valor de variación de la calidad ambiental para el proyecto hidroeléctrico es muy bajo, variación de 0.02, en este tipo de proyectos no se obtiene mayor pérdida en la cuenca, ya que el recurso hídrico es devuelto a su cauce después de su aprovechamiento respectivo, por otra parte, las pérdidas se deben a evaporación e infiltración generada por el proyecto.

### ***Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)***

Para evaluar la calidad ambiental asociada a la DBO<sub>5</sub> utiliza la figura (N° 1.2), en donde el eje *x* corresponde al valor medido de DBO<sub>5</sub>, el eje *y* la calidad ambiental, donde 0 indica una mala calidad y 1 el estado ideal de calidad ambiental.

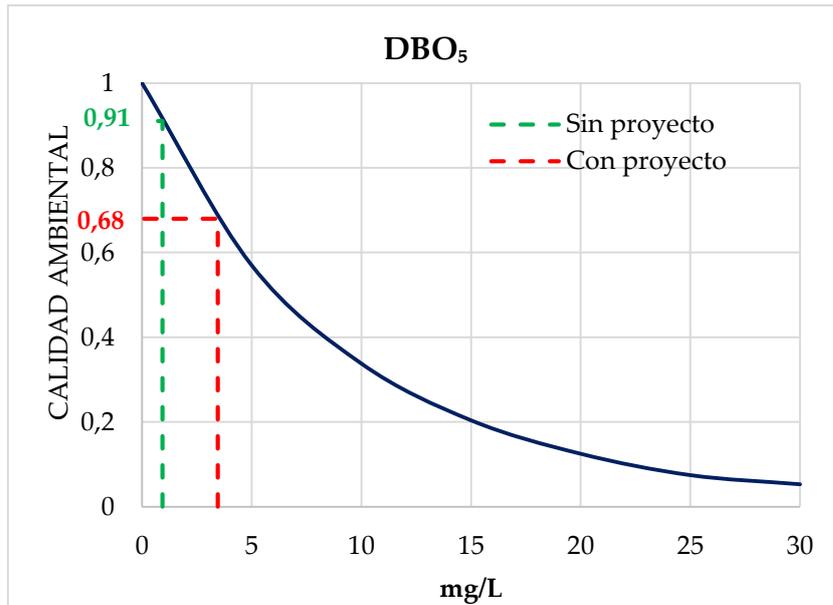


Figura 1.2. DBO<sub>5</sub>

*Ejemplo:*

Con el objetivo de determinar la calidad de las aguas superficiales del área en área de influencia del proyecto Hidroeléctrico CCS, (EFFICACITAS, 2009) el estudio de impacto ambiental presenta los valores de DBO<sub>5</sub> recolectados en ocho puntos distribuidos en los cuerpos de agua de interés

- *Sin proyecto*

La cantidad de DBO<sub>5</sub> es igual a 0,93 mg/L. A partir de la figura (Nº1.2), se obtiene una calidad ambiental de 0,91.

- *Con proyecto*

La cantidad de DBO<sub>5</sub> es igual a 3,45 mg/L. A partir de la figura (Nº1.2), se obtiene una calidad ambiental de 0,68.

Se observa que la demanda bioquímica de oxígeno se ve alterada, con un aumento de 2,52 mg/L, lo cual indica una disminución en la calidad del agua. El efecto de la construcción de la presa.

## Oxígeno disuelto

El OD se considera un indicador de la contaminación del agua, por ejemplo: un contenido OD mayor a 8 mg/L indica una buena calidad da agua mientras que valores inferiores indican procesos de descomposición de materia orgánica donde las bacterias utilizan el oxígeno.

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.3), que va desde 0 a 10 mg/l en el eje x, y de 0 a 1 en el eje y, donde la calidad ambiental es 0 si la cantidad de oxígeno disuelto es 0 mg/l y si la cantidad de oxigeno es 10 mg/l la calidad ambiental es 1.

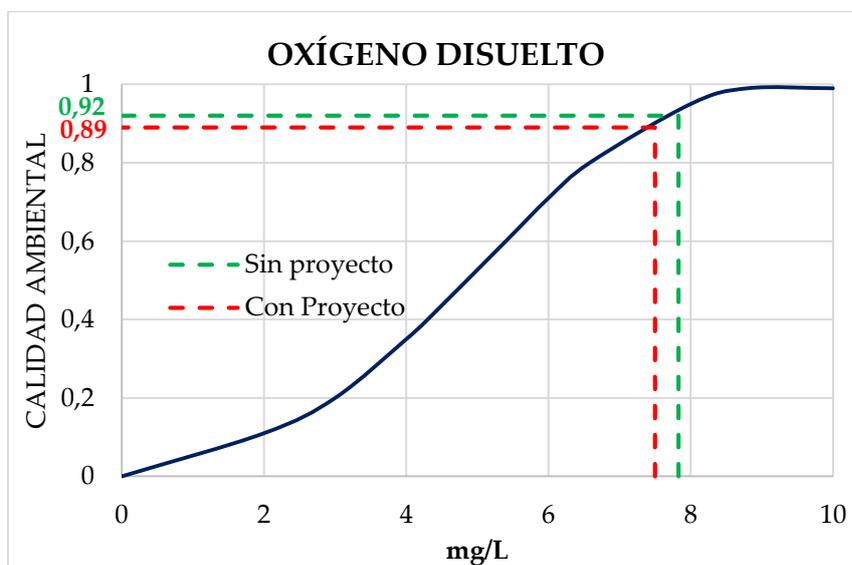


Figura 1.3. Oxígeno disuelto

### Ejemplo

*Datos de la línea base.* Con el objetivo de determinar la calidad de las aguas superficiales del área del proyecto CCS, (EFFICACITAS, 2009) se analizaron los datos de oxígeno disuelto observado en una campaña de mediciones realizada en marzo de 2009.

- *Sin proyecto*

La cantidad de oxígeno disuelto es igual a 7,83 mg/L. A partir de la figura (N° 1.3), se obtiene una calidad ambiental de 0,92.

- *Con proyecto*

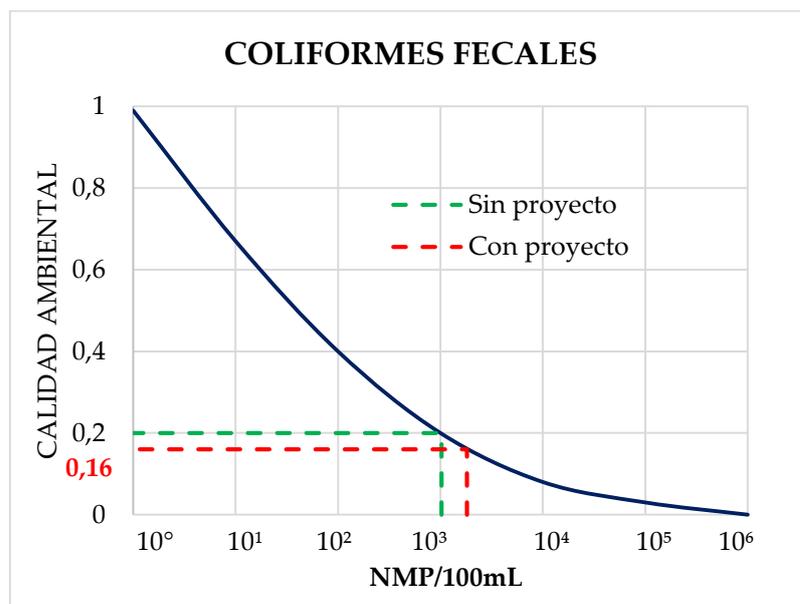
La cantidad de oxígeno disuelto es igual a 7,5 mg/L. A partir de la figura (N° 1.3), se obtiene una calidad ambiental de 0,89.

La disminución en la calidad de este parámetro se debe a que los sistemas de regulación del agua, como la construcción de diques, afectan directamente los niveles de oxígeno en los ríos, produciendo un efecto dramático en el funcionamiento de las comunidades y los ecosistemas de agua dulce. Pero se encuentran dentro del límite máximo permisible de acuerdo al TULSMA, que establece un valor no menor a 6,0 mg/L.

### ***Coliformes fecales***

El contenido de coliformes fecales se calcula como el número más probable (NMP), que es la media aritmética de coliformes fecales por 100 ml.

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.4) que va desde 0 a  $10^6$  NMP/100 ml en el eje x, y de 0 a 1 en el eje y, donde la calidad ambiental es 1 si la cantidad de coliformes fecales es igual a 0 NMP/mL, y disminuye la calidad ambiental si la cantidad de coliformes fecales aumenta.



**Figura 1.4.** Coliformes fecales

### ***Ejemplo***

*Datos de la línea base.* En el área de influencia directa del proyecto, (ENTRIX, 2009)(Vía de Acceso) se identificaron los principales cuerpos de agua superficiales, los cuales fueron estudiados durante la fase de campo realizada entre noviembre y diciembre del 2008. Se analizan los resultados de la caracterización in-situ de los esteros y quebradas que se encuentran dentro del área del proyecto

- *Sin proyecto*

El valor de coliformes fecales es igual a 1040,67 NMP/100mL. A partir de la figura (N° 1.4), se obtiene una calidad ambiental de 0,2.

- *Con proyecto*

El valor de coliformes fecales es igual a 2642 NMP/100mL. A partir de la figura (N° 1.4), se obtiene una calidad ambiental de 0,16.

De acuerdo con las características del área muestreada, la fuente de este tipo de contaminación podría estar relacionada con la circulación de fauna silvestre que se desplaza por el bosque natural presente. En cuanto a la elevada concentración de este parámetro con proyecto se debe a la actividad humana que en el lugar se desarrolla para la construcción y operación de la hidroeléctrica.

### ***Carbono total inorgánico***

El parámetro carbono total inorgánico (CTI) es la suma de las especies de carbono: dióxido de carbono, bicarbonato y carbonato. El carbono inorgánico es la principal fuente de carbono de los organismos fotosintéticos en la red trófica.

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.5) que va desde 0 a 150 mg/l en el eje x, y de 0 a 1 en el eje y, donde la calidad ambiental es 1 si la cantidad de carbono inorgánico está en un rango de 36 a 65 mg/l de carbono inorgánico y disminuye su calidad ambiental a medida que la cantidad se aleje de este rango.

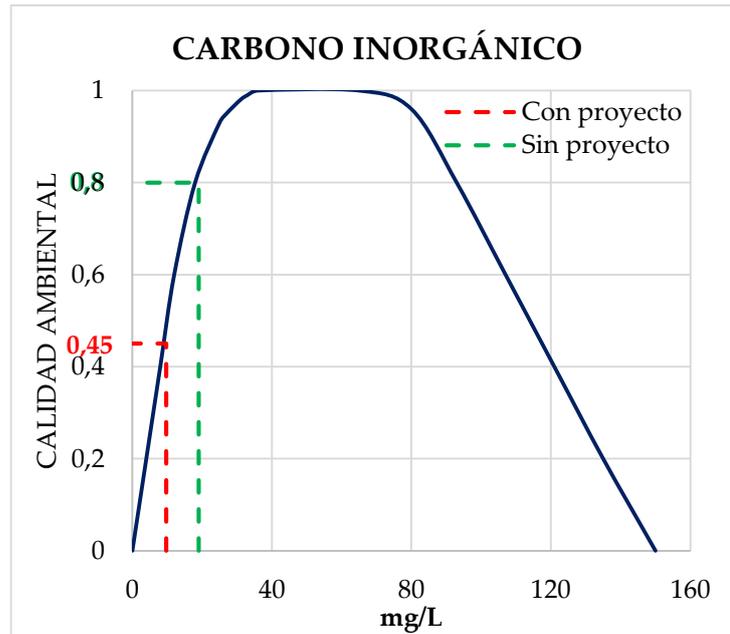


Figura 1.5. Carbono inorgánico

### Ejemplo

Para el caso del proyecto hidroeléctrico CCS no se determinó el parámetro CTI, por lo cual realiza la demostración del parámetro con el proyecto de la cuenca del río Guasmal. (Meneses, 2014)

No se cuenta con el valor de este parámetro en el proyecto y para su explicación se obtuvo el dato de la Evaluación de las características bióticas y abióticas de la microcuenca del río Guasmal con énfasis en la calidad y cantidad del recurso hídrico para determinar los niveles de aprovechamiento (Meneses, 2014).

- *Sin proyecto*

La cantidad de carbono inorgánico es igual a 19 mg/L. A partir de la figura (N° 1.5), se obtiene una calidad ambiental de 0,8.

- *Con proyecto*

La cantidad de carbono inorgánico es igual a 9,7 mg/L. A partir de la figura (N° 1.5), se obtiene una calidad ambiental de 0,45.

## Nitrógeno inorgánico

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.6), que va desde 0 a 10 mg/l en el eje x, y de 0 a 1 en el eje y, donde la calidad ambiental es 0 si la cantidad de nitrógeno inorgánico es 0 mg/l y va ascendiendo gradualmente hasta llegar a 1 de calidad ambiental si su concentración es de 0,6 mg/l y nuevamente desciende a medida que su concentración aumenta hasta llegar a 10 mg/l con una calidad ambiental de 0.

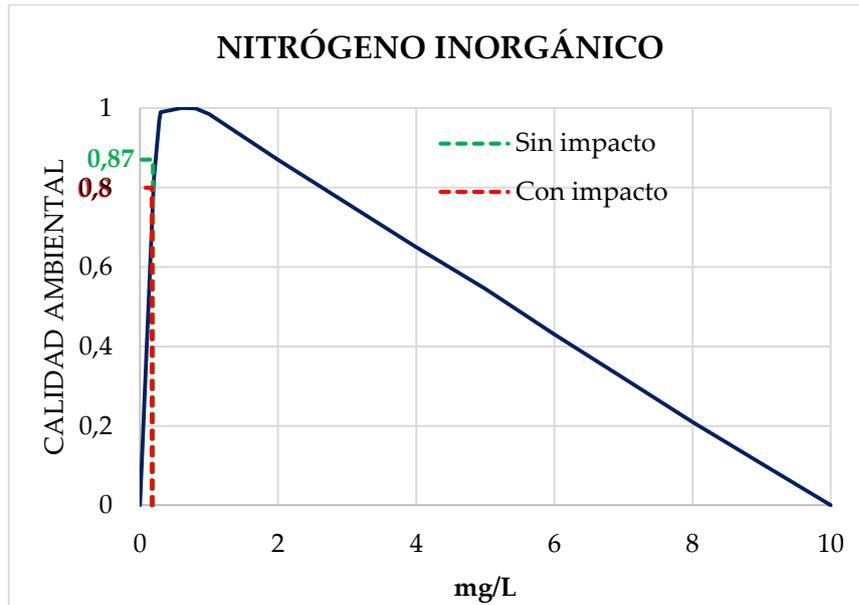


Figura 1.6. Nitrógeno inorgánico

### Ejemplo

En el área del proyecto CCS., (EFFICACITAS, 2009) se analizaron los parámetros físico-químicos de 8 muestras de agua, donde se observó un contenido de nitrógeno inorgánico antes del proyecto de 0,19 mg/L y después del proyecto de 0,77 mg/L.

- Sin proyecto

El valor de nitrógeno inorgánico es igual a 0,19 mg/L. A partir de la figura (N° 1.6), se obtiene una calidad ambiental de 0,87.

- Con proyecto

El valor de nitrógeno inorgánico es igual a 0,17 mg/L. A partir de la figura (N° 1.6), se obtiene una calidad ambiental de 0,87.

Para este parámetro la calidad ambiental disminuye ligeramente, a pesar de que se reporta un déficit de la cantidad de nitrógeno inorgánico, debido a que la concentración asociada a una buena calidad se encuentra entre 0,3 y 2,0 mg/L, lo que nos indica que el cambio está fuera del rango aceptable, mientras un exceso o un déficit de nitrógeno inorgánico es nocivo.

### ***Fosfato inorgánico***

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.7), que va desde 0 a 0,1 mg/l en el eje x, y de 0 a 1 en el eje y, donde la calidad ambiental es 0 si la cantidad de fosfato inorgánico es 0 mg/l y va ascendiendo gradualmente hasta llegar a 1 de calidad ambiental si su concentración es de 0,09 mg/l y nuevamente desciende a medida que su concentración aumenta hasta llegar a 0,1 mg/l con una calidad ambiental de 0.

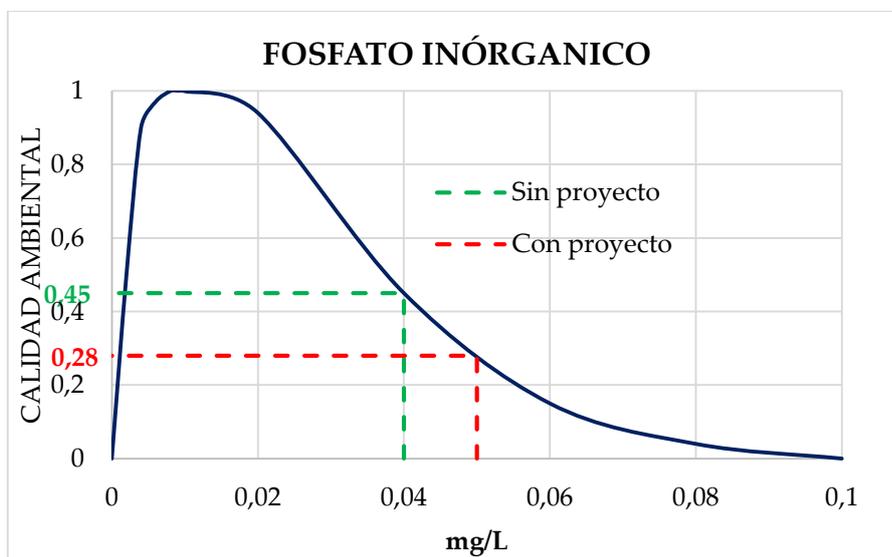


Figura 1.7. Fosfato inorgánico

### ***Ejemplo***

En el área del proyecto CCS. (EFFICACITAS, 2009) se analizaron los parámetros físico-químicos de 8 muestras de agua, donde se observó un contenido de nitrógeno inorgánico antes del proyecto de 0,0401 mg/L y después del proyecto de 0,0450 mg/L.

- *Sin proyecto*

El valor de fosfato inorgánico es igual a 0,0401 mg/L. A partir de la figura (N° 1.7), se obtiene una calidad ambiental de 0,45.

- *Con proyecto*

El valor de fosfato inorgánico es igual a 0,05 mg/L. A partir de la figura (N° 1.7), se obtiene una calidad ambiental de 0,28

Para este parámetro, la calidad ambiental disminuye con el proyecto, ya que la cantidad de fosfato inorgánico se incrementa con la actividad humana asociada al proyecto.

### ***Pesticidas***

Plantea una proporción que relaciona la concentración existente o esperada de un dado pesticida y su respectiva concentración máxima permitida (ver ecuación (2)).

$$\text{Proporcion de concentración} = \frac{\text{CONCENTRACIÓN}}{\text{CONCENTRACIÓN MAXIMA PERMITIDA}} \quad (2)$$

Si solo está presente un pesticida, la función de valor empleada, se usa directamente donde la calidad ambiental varía linealmente de 1. 0 cuando existen cero pesticidas, a 0 cuando la concentración existente alcanza la concentración máxima permitida.

Donde la concentración máxima permitida es obtenida del límite máximo permisible del sitio donde se está desarrollando el proyecto.

Si hay más de un pesticida presente se emplea la siguiente expresión:

$$EQ = \frac{\sum_{i=1}^n EQ_i}{n} \times (0,9)^n \quad (3)$$

Dónde: EQ = Calidad ambiental general de pesticidas

EQ<sub>i</sub> = Calidad ambiental para pesticida que se obtiene de la figura (N° 1.8)

n = Número de pesticidas.

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.8) que va desde 0 a 1 en proporción de su concentración y concentración máxima permitida en el eje x, y de 0 a 1 en el eje y, donde la calidad ambiental es 1 si la proporción de concentración de pesticidas es 0 y si la proporción de concentración de pesticidas aumenta es 1, la calidad ambiental será igual a 1.

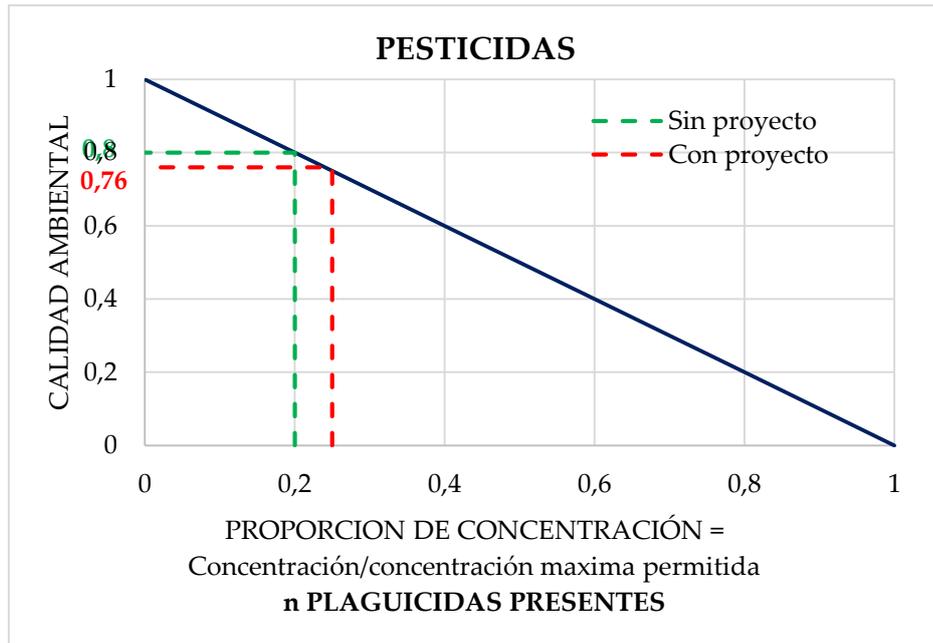


Figura 1.8. Pesticidas

### Ejemplo

En el área del proyecto CCS. (EFFICACITAS, 2009) se analizaron los parámetros físico-químicos de 8 muestras de agua, donde se analizó la presencia del pesticida Glifosato.

- *Sin proyecto*

Concentración de pesticida Glifosato  $C=0,002 \text{ mg/L}$

Concentración máxima permitida (TULSMA)  $C. \text{máx.} = 0,01 \text{ mg/L}$

$$PC = \frac{0,002 \text{ mg/L}}{0,01 \text{ mg/L}}$$

$PC = 0,2$

El valor de pesticidas es igual a 0,2 PC. A partir de la figura 1.8, se obtiene una calidad ambiental de 0,8.

- *Con proyecto*

Concentración de pesticida Glifosato  $C=0,0025 \text{ mg/L}$

Concentración máxima permitida (TULSMA, 2017)  $C. \text{máx.} = 0,01 \text{ mg/L}$

$$PC = \frac{0,0025 \text{ mg/L}}{0,01 \text{ mg/L}}$$

$$PC = 0,25$$

El valor de pesticidas es igual a 0,25 PC. A partir de la figura 1.8, se obtiene una calidad ambiental de 0,76.

Para este parámetro la calidad ambiental disminuye debido a que durante la etapa de construcción y operación del proyecto se utilizó el pesticida Glifosato, para evitar la proliferación de una capa vegetal en los alrededores de la hidroeléctrica.

### ***pH***

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.9), donde le eje x indica la desviación del pH con respecto a la condición natural, en un rango de va desde -5 a +5 en el eje x, y de 0 a 1 en el eje y, donde la calidad ambiental es 1 si el pH no cambia con respecto a la condición natural, se mantiene en un rango de -0,3 a +0,3 de su salida natural y a medida que se aleja de estos valores su calidad ambiental e reduce hasta llegar a 0.

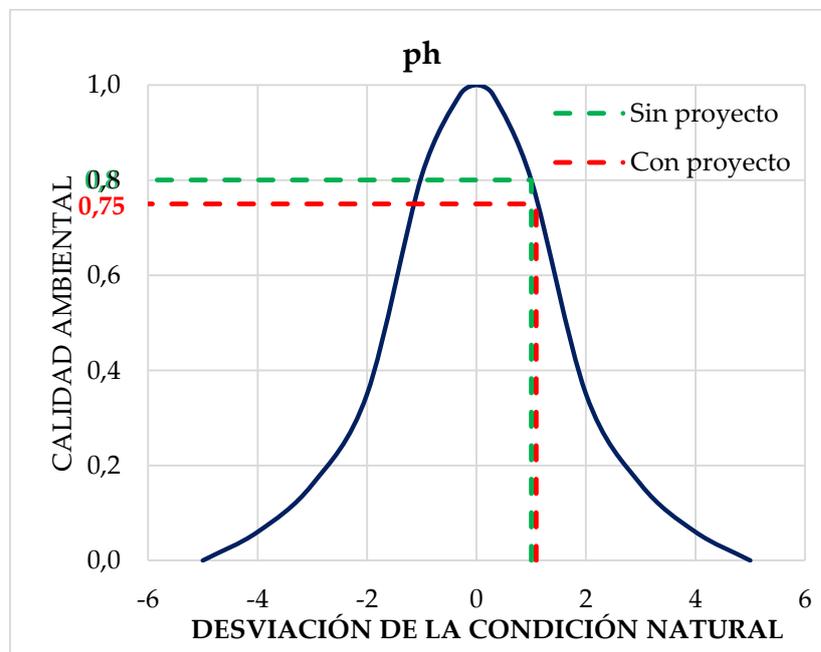


Figura 1.9. pH

### *Ejemplo*

En el área del proyecto CCS. (EFFICACITAS, 2009) se analizaron los parámetros físico-químicos de 8 muestras de agua, donde se analizó el pH.

- *Sin proyecto*

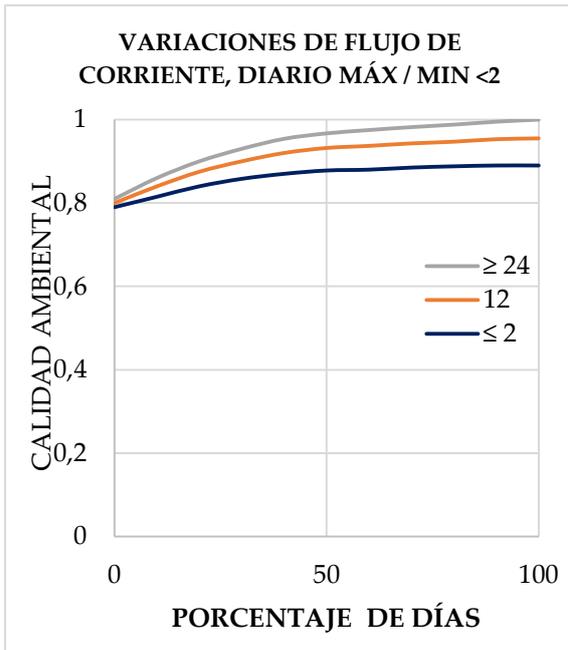
El valor de pH es igual a 8 esto nos dice que la salida de las condiciones naturales es +1. A partir de la figura N°1.9, se obtiene una calidad ambiental de 0,8.

- *Con proyecto*

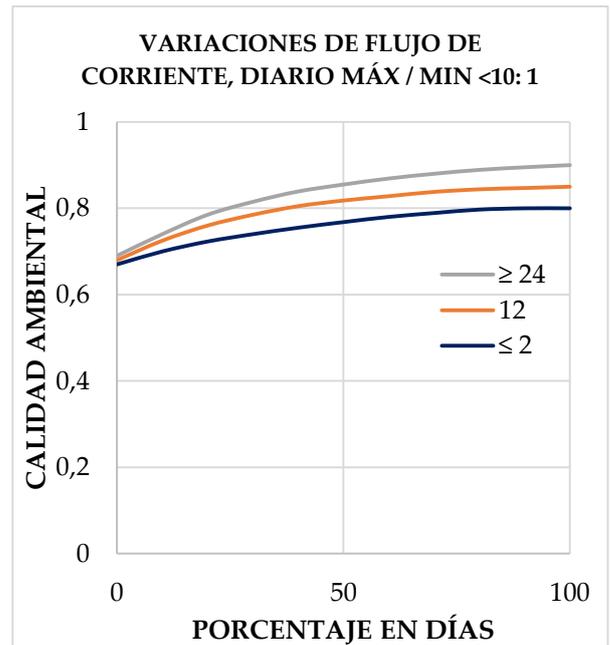
El valor de pH es igual a 8.09 esto nos dice que la salida de las condiciones naturales es +1.09. A partir de la figura N°1.9, se obtiene una calidad ambiental de 0,75.

### ***Variación del flujo de la corriente***

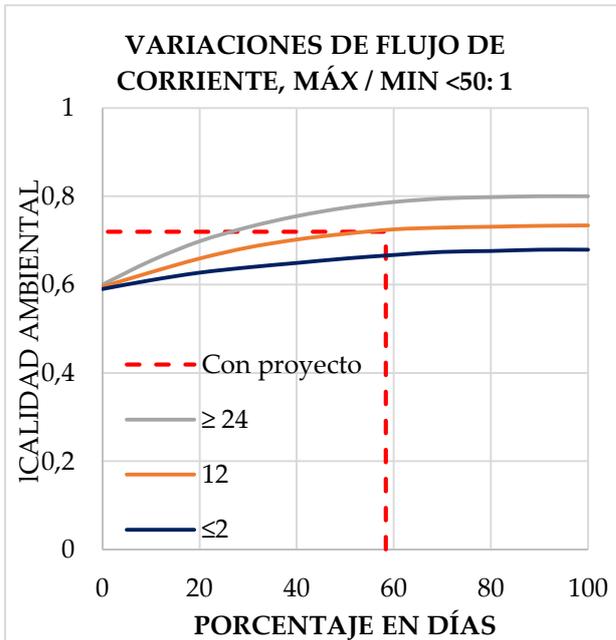
Para la determinación de este parámetro se analiza, la magnitud de la variación del flujo de la corriente expresada como la relación entre el caudal máximo diario y mínimo diario, se emplean cuatro valores para establecer este valor y una de las cuatro graficas establecidas. A continuación, el número de días por año (expresado como porcentaje de 365) en que se producen los mencionados coeficientes de flujo y finalmente el período de tiempo predominante en el que el flujo cambia de un valor máximo a un valor mínimo o viceversa: se emplean tres períodos de tiempo discretos.



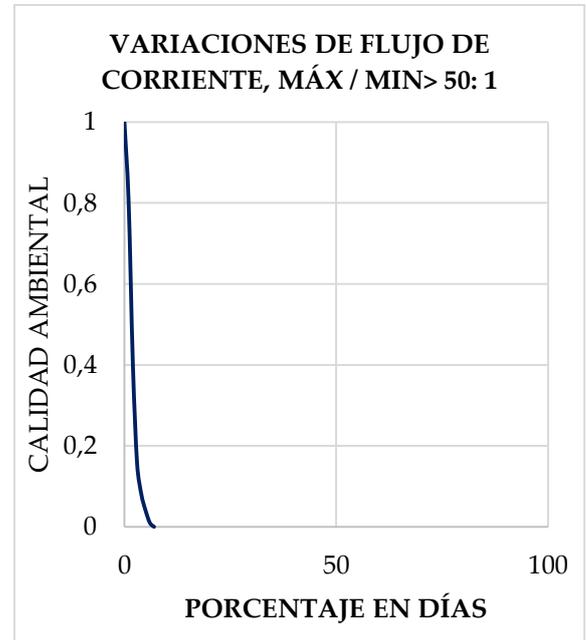
**Figura 1.10.** Variaciones de flujo de corriente, diario máx. / min <2:1



**Figura 1.11.** Variaciones de flujo de corriente, diario máx. / min <10:1



**Figura 1.12.** Variaciones de flujo de corriente, máx. / min <50:1



**Figura 1.13.** Variaciones de flujo de corriente, máx. / min >50:1

Para hallar el valor de variación de flujo de corriente se identificó los valores de caudales medio y ecológico establecidos en el estudio. Se realizó la relación de diferencia entre los caudales mencionados y se estableció la gráfica correspondiente. Se determinó las horas que se realiza este cambio de flujo de corriente al día. Y cuantos días en relación al año se realiza esta variación. Para ello se utilizó la figura (N° 1.12).

*Ejemplo*

Durante la fase de diseño, construcción y operación del Proyecto Hidroeléctrico CCS., (EFFICACITAS, 2009) se analizaron los registros históricos de caudales registrados por INECCEL con el fin de determinar los caudales de diseño y operación para las diferentes estructuras. Los caudales máximos y mínimos mensuales analizados correspondientes al 50% de probabilidad de ocurrencia, es decir para un periodo de retorno de 2 años.

- *Con proyecto*

Datos:

Q. medio = 280 m<sup>3</sup>/s

Q. ecológico = 20 m<sup>3</sup>/s

- a) la magnitud de la variación del flujo de la corriente expresada como la relación, máximo diario / mínimo diario: se emplean cuatro valores discretos para la ratio.

$$3 \leq 10:1$$

- b) El número de días por año (expresado como porcentaje de 365) en que se producen los mencionados coeficientes de flujo

$$\% = \frac{213 \times 365}{100} = 58,36$$

- c) el período de tiempo predominante en el que el flujo cambia de un valor máximo a un valor mínimo o viceversa: se emplean tres períodos de tiempo discretos.

Se obstruye el cauce del río durante el día y el agua se utiliza por la tarde en las horas de mayor consumo.

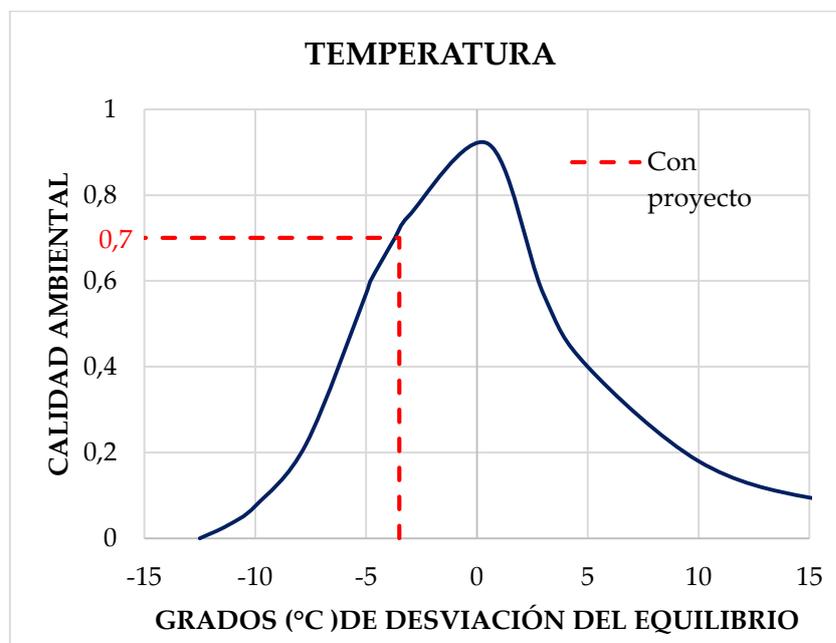
Periodo	▲ t, horas
2	12

La variación en el flujo de corriente de la hidroeléctrica es muy significativa ya que el caudal promedio del río Coca en el sitio de captación es de 280 m<sup>3</sup> /s. Entonces, con el caudal necesario para la operación al 100% ubicándose alrededor de los 270 a 300 m<sup>3</sup> /s alcanza o supera la cantidad promedio de agua provista por el río. Por lo que, únicamente circulará el caudal ecológico cuando el caudal del río sea mayor al necesario para la operación, y se estará trabajando en escasez durante toda la época de sequía. Por lo tanto, no se está aplicando caudales ecológicos en la central y la variación de flujo de corriente se estará dando constantemente, pues de ninguna manera se ha aplicado ni en el diseño ni en la operación la circulación del caudal ya reducido pero aprobado como caudal ecológico para esta central.

### ***Temperatura***

Se determina la variación con la diferencia entre la temperatura la temperatura máxima y mínimas.

Para establecer la calidad en el parámetro de temperatura, se emplea la figura (N° 1.14) que establece una desviación de la temperatura natural del agua y va desde -15 a +15 °C en el eje X y de 0 a 1 en el eje Y, donde una mayor calidad ambiental se establecerá a medida que la desviación de la temperatura se acerque a 0 y una menor calidad ambiental a medida que la temperatura se aleje de 0.



**Figura 1.14.** Temperatura

### *Ejemplo*

*Datos de la línea base.* A fin de determinar la calidad de las aguas superficiales del área en estudio, los días 12, 13 y 14 de marzo del 2009, se procedió a coleccionar ocho muestras de agua, distribuidas en los cuerpos de agua que son de interés para el presente estudio. Se lo realizó en sitios estratégicamente distribuidos para lograr una eficiente caracterización del medio. Para la determinación de la temperatura, se realizó el muestreo In-Situ se utilizó un Equipo YSI Environmental Modelo 556 MPS (Multi-Probe-Sistem). Las temperaturas fueron tomadas in-situ, en la época de transición registrándose un valor mínimo y máximo. (EFFICACITAS, 2009).

- *Con proyecto*

Se analizó las temperaturas medias de sin proyecto el cual es 25,5 °C y con proyecto el cual es 22°C, para la interpretación del parámetro.

El valor de desviación de temperatura es igual a 3,5°C. A partir de la figura (N°1.14), se obtiene una calidad ambiental de 0,7.

El embalse de captación de Coca Codo Sinclair, condiciona la temperatura del agua que circula por un tramo de río situado inmediatamente aguas abajo de la presa. Así, en un clima de tipo cálido, frecuentemente a la salida del embalse la temperatura del agua es significativamente inferior a la que tendría en esa misma zona de río en el supuesto de que no existiera el embalse.

### ***Sólidos disueltos totales***

La concentración de sólidos disueltos totales (TDS), esta generalmente se encuentra conformado por materia coloidal y compuestos solubles, tanto orgánicos como inorgánicos (sales) como lo son los agregados de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos, etc. y otras sustancias. Todas las sales en solución cambian la naturaleza física y química del agua y ejercen presión osmótica.

Para establecer la calidad del parámetro de solidos disueltos totales, se emplea la figura (N° 1.15) que va desde 0 a 3000 mg/l el eje X para la concentración, y de 0 a 1 en el eje y para la calidad ambiental, donde la calidad ambiental es 1 si la concentración de SDT, está dentro del rango de un promedio de 500 mg/l, y si la concentración aumenta, la calidad ambiental ira disminuyendo.

Dentro de este parámetro se incluye también la conductividad eléctrica ya que su valor determina la cantidad de sólidos disueltos totales al fraccionar el valor de conductividad eléctrica por 1,5.

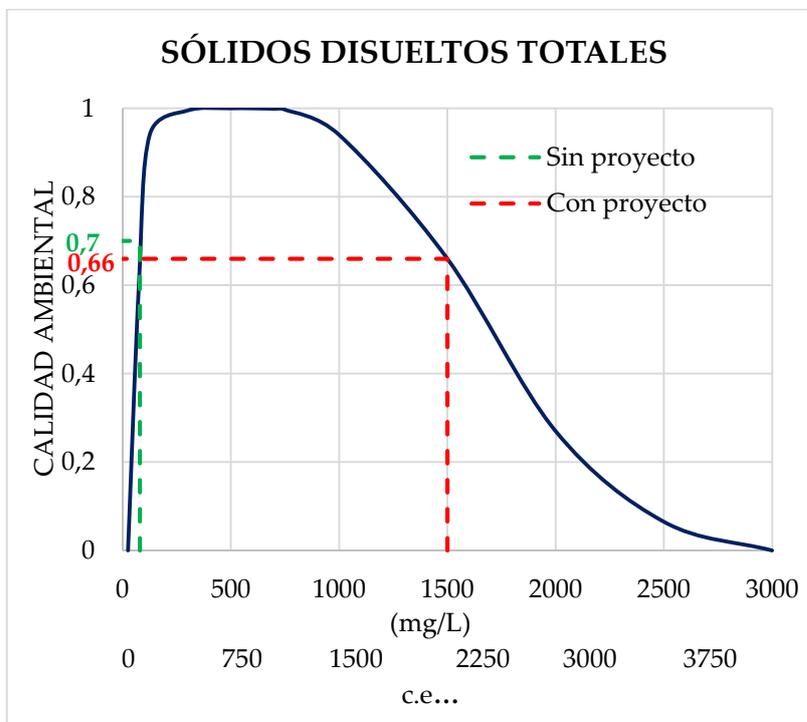


Figura 1.15. Sólidos disueltos totales

### Ejemplo

*Datos de la línea base.* A fin de determinar la calidad de las aguas superficiales del área en estudio, los días 12, 13 y 14 de marzo del 2009, se procedió a coleccionar ocho muestras de agua, distribuidas en los cuerpos de agua que son de interés para el presente estudio. Se lo realizó en sitios estratégicamente distribuidos para lograr una eficiente caracterización del medio. Para el parámetro de sólidos disueltos totales, los valores fueron determinados tanto In-Situ como Ex-Situ. Para el muestreo In-Situ se utilizó un Equipo YSI Environmental Modelo 556 MPS (Multi-Probe-System) Cocasinclair S.A. Para el muestreo Ex-Situ, la colecta de muestras se realizó utilizando los protocolos de muestreo determinados por el laboratorio Grunge. Las botellas proporcionadas por el laboratorio se enjuagaron tres veces con la muestra, previa a la colecta definitiva. La colecta de las muestras para análisis físico, químico, se realizó a nivel superficial de la columna de agua, se utilizaron 4 frascos por estación. Las muestras obtenidas debidamente preservadas, fueron enviadas para su análisis al Laboratorio Gruntec, que cuenta con acreditación No. OAE LE 2C 05-2008 ante el OAE, quienes expusieron los resultados obtenidos de la campaña de monitoreo. (EFFICACITAS, 2009)

- *Sin proyecto*

El valor de sólidos disueltos totales es igual a 80 mg/l. A partir de la figura (N° 1.15), se obtiene una calidad ambiental de 0,65.

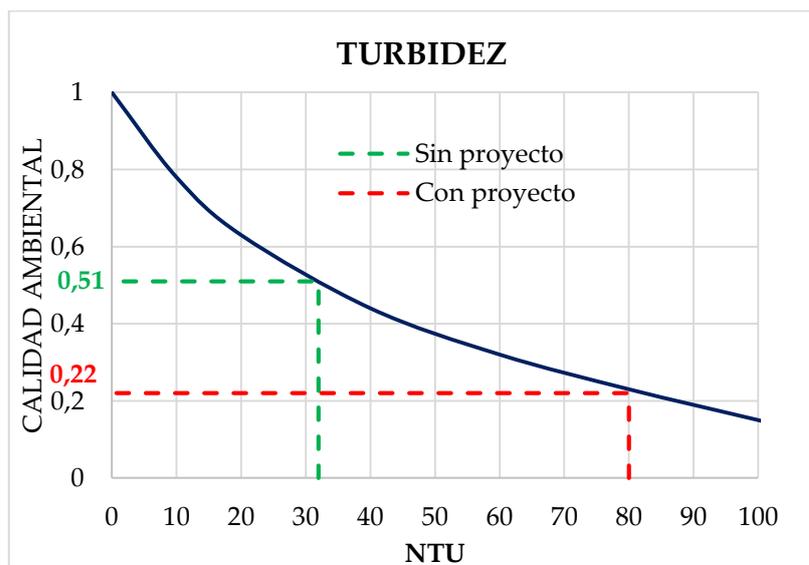
- *Con proyecto*

El valor de sólidos disueltos totales es igual a 1500 mg/l. A partir de la figura (N° 1.15), se obtiene una calidad ambiental de 0,65.

Los sólidos disueltos totales aumentan significativamente con la construcción y operación de la hidroeléctrica, debido a la retención del agua en el cauce del río. Por lo general, los STD en la mayor parte de estaciones se reporta el mismo comportamiento, valores menores en el mes de marzo, aumentan en el mes de junio y setiembre y bajan nuevamente en el mes de diciembre. Así mismo, los valores más altos están ubicados en la cuenca media-baja del área de estudio

### ***Turbidez***

Para establecer la calidad del parámetro de turbidez, se emplea la figura (N° 1.16) que va desde 0 a 100 NTU el eje X, y de 0 a 1 en el eje Y para la calidad ambiental, donde la calidad ambiental es 1 si la concentración de turbidez es igual a 0 NTU, y de menor calidad ambiental si aumenta el valor de la concentración de turbidez.



**Figura 1.16.** Turbidez

## *Ejemplo*

*Datos de la línea base.* A fin de determinar la calidad de las aguas superficiales del área en estudio, los días 12, 13 y 14 de marzo del 2009, se procedió a coleccionar ocho muestras de agua, distribuidas en los cuerpos de agua que son de interés para el presente estudio. Se lo realizó en sitios estratégicamente distribuidos para lograr una eficiente caracterización del medio. La colecta de muestras se realizó utilizando los protocolos de muestreo determinados por el laboratorio Grunge. Las botellas proporcionadas por el laboratorio se enjuagaron tres veces con la muestra, previa a la colecta definitiva. La colecta de las muestras para análisis físico, químico, se realizó a nivel superficial de la columna de agua, se utilizaron 4 frascos por estación. Las muestras obtenidas debidamente preservadas, fueron enviadas para su análisis al Laboratorio Gruntec, que cuenta con acreditación No. OAE LE 2C 05-2008 ante el OAE, quienes expusieron los resultados obtenidos de la campaña de monitoreo (EFFICACITAS, 2009).

- *Sin proyecto*

El valor de turbidez es igual a 32 NTU. A partir de la figura (N° 1.16), se obtiene una calidad ambiental de 0,51.

- *Con proyecto*

El valor de turbidez es igual a 80 NTU. A partir de la figura (N° 1.16), se obtiene una calidad ambiental de 0,22.

La turbidez aumenta significativamente con la construcción y operación de la hidroeléctrica, debido a la retención del agua en el cauce del río. Los mayores rangos de turbidez se registraron después de los períodos de lluvia con la subsiguiente escorrentía y aumento de las tasas de flujo del río.

## **Contaminación atmosférica**

### ***Monóxido de carbono***

Para evaluar la calidad ambiental asociada al monóxido de carbono, utiliza la figura (1.17), en donde el eje  $x$  corresponde al valor medido de monóxido de carbono, el eje  $y$  la calidad ambiental, donde 0 indica una mala calidad y 1 el estado ideal de calidad ambiental.

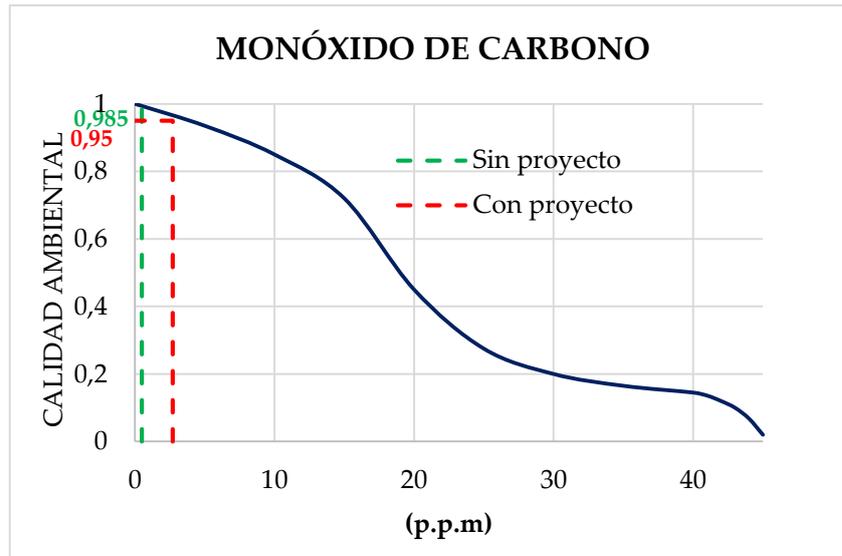


Figura 1.17. Monóxido de carbono

### Ejemplo

Con el objeto de caracterizar la calidad del aire ambiente del área de influencia del proyecto Hidroeléctrico CCS.,(EFFICACITAS, 2009) se realizó un análisis de las fuentes naturales y antrópicas existentes en esta área, como una referencia actual de las fuentes que al momento están produciendo un determinado impacto en las condiciones propias de este componente, a través de recorridos de campo, revisión bibliográfica y cartográfica, tal como los muestra el EsIA.

- *Sin proyecto*

El valor de monóxido de carbono es igual a 0,48 ppm. A partir de la figura (N° 1.17), se obtiene una calidad ambiental de 0,985.

- *Con proyecto*

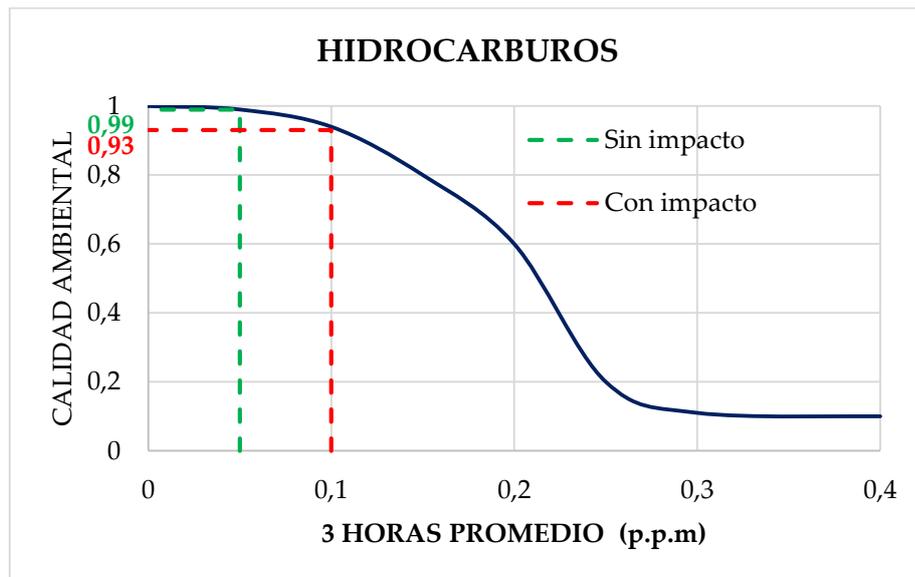
El valor de monóxido de carbono es igual a 2,7 ppm. A partir de la figura (N° 1.17), se obtiene una calidad ambiental de 0,9.

El valor de variación de la calidad ambiental para el proyecto hidroeléctrico es poco significativo debido a que, en el área en estudio existen emisiones vehiculares, las mismas que dependen del tráfico en la hidroeléctrica. Otras fuentes de emisión en el área están constituidas por motores de combustión interna estáticos, como son los generadores de la hidroeléctrica y en la estación de bombeo El Salado de Petroecuador. Así también se mencionan la presencia de

actividades de extracción y producción de materiales de construcción, las mismas que involucran actividades de transporte de agregados. En el caso de las fuentes naturales que intervienen directamente en la calidad del aire ambiente de la zona se debe mencionar como principal a la actividad volcánica. En este caso representada por la actividad El Reventador al ser un volcán activo, y por su cercanía al área del proyecto, es considerado como una fuente importante de contaminantes atmosféricos. Su actividad a pesar que no represente una carga constante y/o frecuente de contaminantes, es necesario reconocerla como un hecho esporádico, irregular e inesperado.

### ***Hidrocarburos***

Para evaluar la calidad ambiental asociada a hidrocarburos se utiliza la figura (N°1.18), en donde el eje x corresponde al valor medido de hidrocarburos en un promedio de 3 horas, el eje y la calidad ambiental, donde 0 indica una mala calidad y 1 el estado ideal de calidad ambiental.



**Figura 1.18.** Hidrocarburos

### ***Ejemplo***

Datos de línea base. Con el objeto de caracterizar la calidad del aire ambiente en el sector, se realizó un inventario cualitativo de las fuentes naturales y antrópicas existentes en esta área, como una referencia actual de las fuentes que al momento están produciendo un determinado impacto en las condiciones propias de este componente, a través de recorridos de campo, revisión bibliográfica y cartográfica. Entre las principales fuentes fijas que contribuyen en la emisión de gases contaminantes en el área, destacan dos instalaciones industriales.

- *Sin proyecto*

El valor de hidrocarburos es igual a 0,05 ppm. A partir de la figura (N° 1.18), se obtiene una calidad ambiental de 0,99.

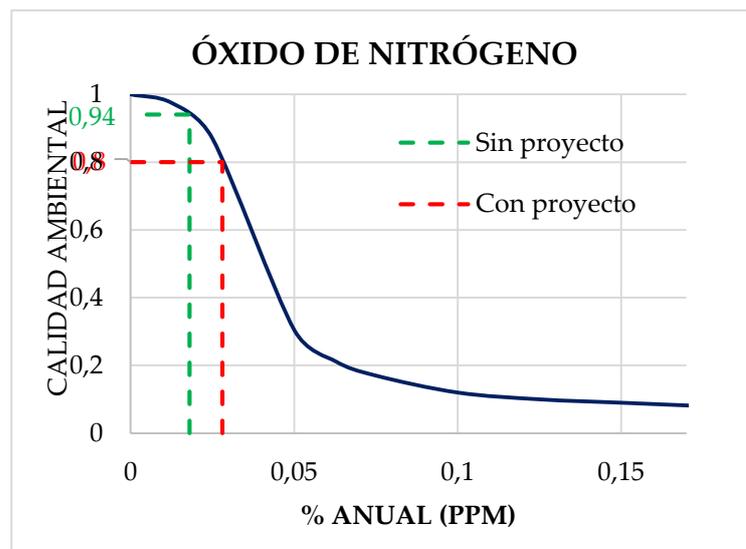
- *Con proyecto*

El valor de hidrocarburos es igual a 0,1 ppm. A partir de la figura (N° 1.18), se obtiene una calidad ambiental de 0,93.

El valor de variación de la calidad ambiental para el proyecto hidroeléctrico en cuanto a este parámetro, se debe a que el tráfico vehicular determina que esta parte del área en estudio existan emisiones vehiculares, las mismas que dependerán del tráfico en la mencionada vía. Otras fuentes de emisión en el área están constituidas por motores de combustión interna estáticos, requeridos por los generadores instalados en la casa de máquinas y en la estación de bombeo El Salado de Petroecuador. Actualmente se pone énfasis en la contaminación por vehículos de transporte para el personal que labora en el lugar a diario.

### ***Óxidos de nitrógeno***

Para evaluar la calidad ambiental asociado al óxido de nitrógeno se utiliza la figura (N° 1.19), en donde el eje *x* corresponde al valor medido de óxido de nitrógeno, el eje *y* la calidad ambiental, donde 0 indica una mala calidad y 1 el estado ideal de calidad ambiental.



**Figura 1.19.** Óxidos de nitrógeno

### *Ejemplo*

Con el objeto de caracterizar la calidad del aire ambiente del área de influencia del proyecto Hidroeléctrico CCS.,(EFFICACITAS, 2009) el estudio de impacto ambiental, presenta un inventario cualitativo de las fuentes naturales y antrópicas existentes en esta área, como una referencia actual de las fuentes que al momento están produciendo un determinado impacto en las condiciones propias de este componente, a través de recorridos de campo, revisión bibliográfica y cartográfica.

- *Sin proyecto*

El valor de óxidos de nitrógeno es igual a 0,018 ppm. A partir de la figura (N° 1.19), se obtiene una calidad ambiental de 0,94.

- *Con proyecto*

El valor de óxidos de nitrógeno es igual a 0,028 ppm. A partir de la figura (N° 1.19), se obtiene una calidad ambiental de 0,8.

La reducción de la calidad ambiental se debe a que esta parte del área en estudio existan emisiones vehiculares y de maquinaria las cuales produjeron un incremento en las concentraciones de este parámetro. Adicional de otras fuentes de emisión en el área están constituidas por motores de combustión interna estáticos, requeridos en la estación de bombeo El Salado de Petroecuador y de los generadores instalados en la hidroeléctrica.

### ***Material Particulado***

Para evaluar la calidad ambiental asociada a partículas sólidas utiliza la figura (N° 1.20), en donde el eje  $x$  corresponde al valor de las partículas sólidas en un promedio de 24 horas, el eje  $y$  la calidad ambiental, donde 0 indica una mala calidad y 1 el estado ideal de calidad ambiental.

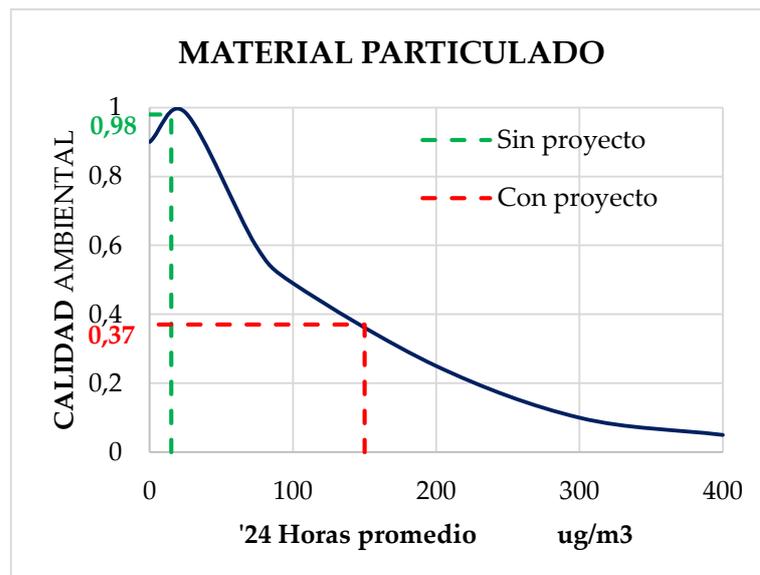


Figura 1.20. Partículas sólidas

### Ejemplo

Con el objeto de caracterizar la calidad del aire ambiente en el sector, se realizó un inventario cualitativo de las fuentes naturales y antrópicas existentes en esta área, como una referencia actual de las fuentes que al momento están produciendo un determinado impacto en las condiciones propias de este componente, a través de recorridos de campo, revisión bibliográfica y cartográfica. (ENTRIX, 2009)

- *Sin proyecto*

El valor de partículas sólidas es igual a 0,98 ug/m3. A partir de la figura (N° 1.20), se obtiene una calidad ambiental de 0,98.

- *Con proyecto*

El valor de partículas sólidas es igual a 150 ug/m3. A partir de la figura (N° 1.20), se obtiene una calidad ambiental de 0,37.

El aumento significativo del valor de concentración de este parámetro y por ende su baja calidad ambiental se debe, a la planta de hormigón y actividades de perforación. Además, existe un aumento de emisiones fugitivas de polvo debido a la movilización del personal, el uso de maquinaria, desbroce de vegetación, movimiento de tierras, y en la perforación de la infraestructura subterránea.

## Oxidantes fotoquímicos

Para evaluar la calidad ambiental asociada a oxidantes fotoquímicos utiliza la figura (N° 1.21), en donde el eje  $x$  corresponde al valor de los oxidantes fotoquímicos en un promedio de una hora, el eje  $y$  la calidad ambiental, donde 0 indica una mala calidad y 1 el estado ideal de calidad ambiental.

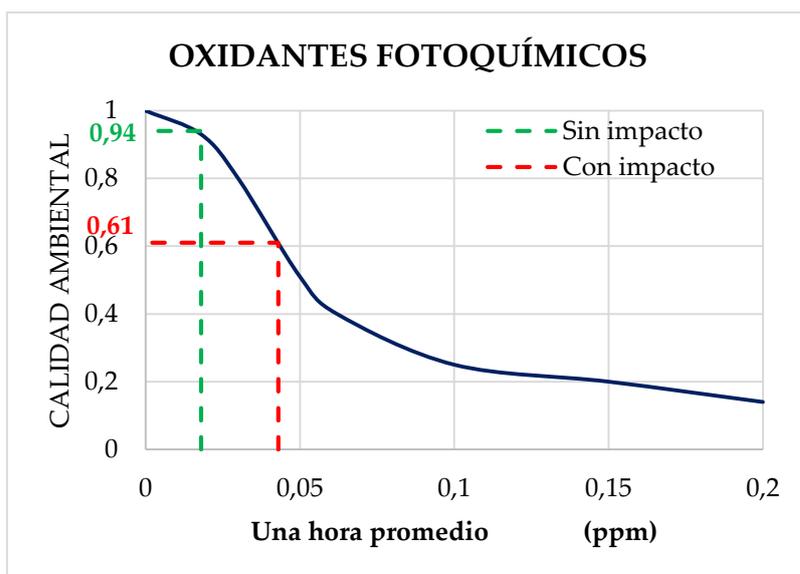


Figura 1.21. Oxidantes fotoquímicos

### Ejemplo

Con el objeto de caracterizar la calidad del aire ambiente en el sector, se realizó un inventario cualitativo de las fuentes naturales y antrópicas existentes en esta área, como una referencia actual de las fuentes que al momento están produciendo un determinado impacto en las condiciones propias de este componente, a través de recorridos de campo, revisión bibliográfica y cartográfica. Entre las principales fuentes fijas que contribuyen en la emisión de gases contaminantes en el área, destacan dos instalaciones industriales(ENTRIX, 2009).

- *Sin proyecto*

El valor de oxidantes fotoquímicos es igual a 0,018 ppm. A partir de la figura (N° 1.21), se obtiene una calidad ambiental de 0,94.

- *Con proyecto*

El valor de oxidantes fotoquímicos es igual a 0,043 ppm. A partir de la figura (N° 1.21), se obtiene una calidad ambiental de 0,61.

Se determinó que la disminución de la calidad ambiental se debe al tráfico vehicular ya que en esta parte del área en estudio existan emisiones vehiculares, las mismas que dependerán del tráfico en la mencionada vía. Otras fuentes de emisión en el área están constituidas por motores de combustión interna estáticos, requeridos en la estación de bombeo El Salado de Petroecuador. Así también se mencionan la presencia de actividades de extracción y producción de materiales de construcción, las mismas que involucran actividades de transporte de agregados.

### *Óxido de azufre*

Para evaluar la calidad ambiental asociada a óxidos de azufre utiliza la figura (N° 1.22), en donde el eje x corresponde al valor de a óxidos de azufre en un promedio de 24 horas, el eje y la calidad ambiental, donde 0 indica una mala calidad y 1 el estado ideal de calidad ambiental.

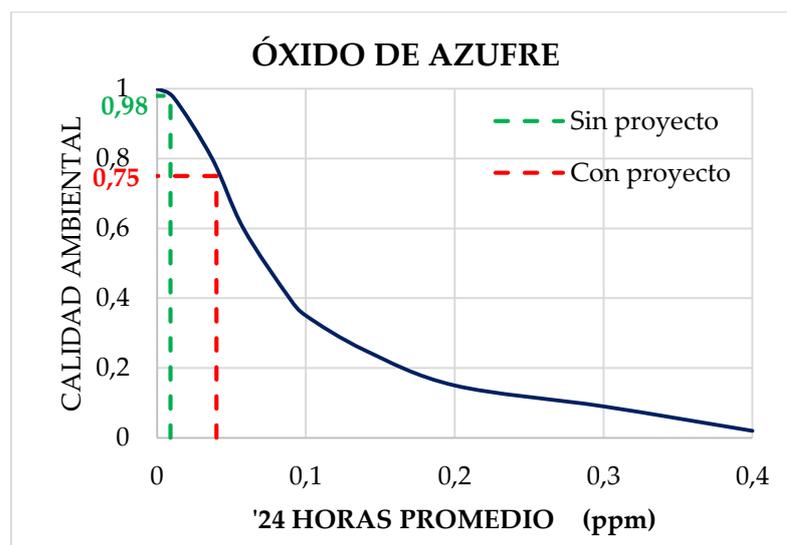


Figura 1.22. Óxido de azufre

### *Ejemplo*

Con el objeto de caracterizar la calidad del aire ambiente en el sector, se realizó un inventario cualitativo de las fuentes naturales y antrópicas existentes en esta área, como una referencia actual de las fuentes que al momento están produciendo un determinado impacto en las condiciones propias de este componente, a través de recorridos de campo, revisión bibliográfica y cartográfica. Entre las principales fuentes fijas que contribuyen en la emisión de gases contaminantes en el área, destacan dos instalaciones industriales.(ENTRIX, 2009)

- *Sin proyecto*

El valor de óxido de azufre es igual a 0,09 ppm. A partir de la figura (N° 1.22), se obtiene una calidad ambiental de 0,98.

- *Con proyecto*

El valor de óxido de azufre es igual a 0,04 ppm. A partir de la figura (N° 1.22), se obtiene una calidad ambiental de 0,75.

Se determina que la disminución en la calidad se debe a que esta parte del área en estudio existen emisiones vehiculares, las mismas que dependerán del tráfico en la mencionada vía. Otras fuentes de emisión en el área están constituidas por motores de combustión interna estáticos. Así también se mencionan la presencia de actividades de extracción y producción de materiales de construcción, las mismas que involucran actividades de transporte de agregados. En el caso de las fuentes naturales que intervienen directamente en la calidad del aire ambiente de la zona, la principal actividad volcánica es representada por volcán activo El Reventador, y por su cercanía al área del proyecto, es considerado como una fuente importante de contaminantes atmosféricos. Su actividad a pesar que no represente una carga constante y/o frecuente de contaminantes, es necesario reconocerla como un hecho esporádico, irregular e inesperado.

### ***Otros***

Una categoría incluida para permitir el manejo de contaminantes no cubiertos en la lista anterior. Se considera que esta categoría es necesaria debido al amplio espectro de contaminantes atmosféricos potenciales de fuentes industriales que podrían resultar directamente del agua (Dee et al., 1973).

### **Contaminación del suelo**

#### ***Uso de suelo***

En el gráfico se asignan al eje vertical o de calidad ambiental valores de 0 a 1,0, y al eje horizontal o porcentaje de tierra desarrollada se escala de 0 a 100%. También se incluye en el gráfico el grado de desarrollo. Esto se expresa como alta, media o baja densidad de desarrollo de la tierra.

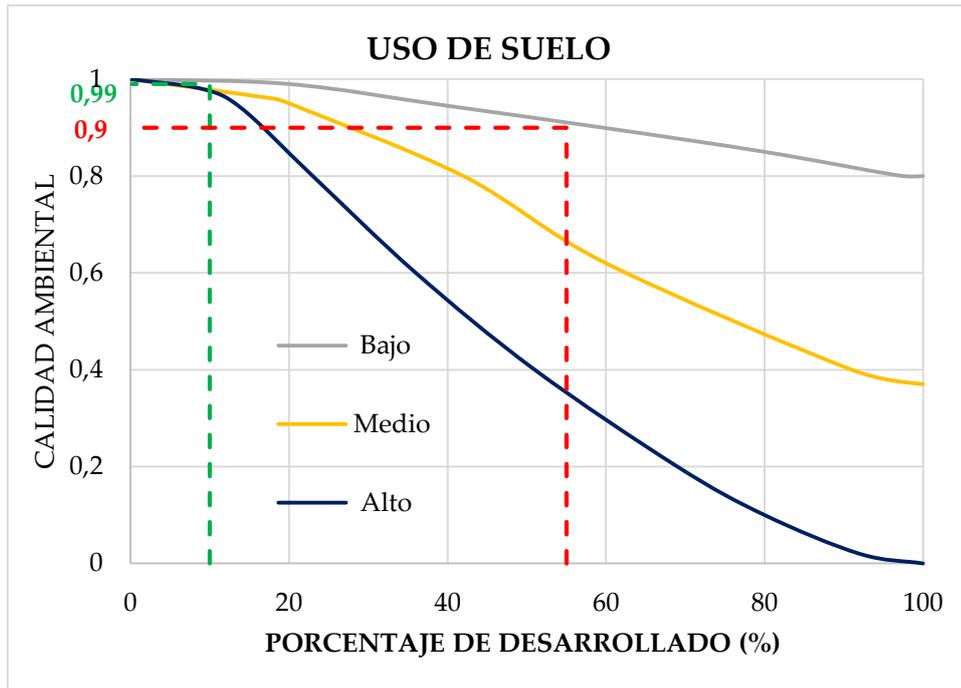


Figura 1.23. Uso de suelo

### Ejemplo

En general el área donde se realizará el proyecto hidroeléctrico CCS, (EFFICACITAS, 2009) presenta un nivel muy bajo de intervención humana como lo es cultivos transitorios para el consumo interno y familiar especialmente maíz. Básicamente el suelo es utilizado para la cría de ganado vacuno y por ende no se tienen factores que pueden afectar la calidad del suelo del área

- *Sin proyecto*

El valor de uso de suelo es igual al 10 %. A partir de la figura (N° 1.23), se obtiene una calidad ambiental de 0,99.

- *Con proyecto*

El valor de uso de suelo es igual al 55 %. A partir de la figura (N° 1.23), se obtiene una calidad ambiental de 0,9.

En un principio el uso de suelo en el área de influencia de la hidroeléctrica está orientado en un pequeño porcentaje a actividades humanas como agricultura y ganadería. Y con la implementación del proyecto el uso de suelo se fue incrementado su porcentaje de desarrollo debido a actividades comerciales en el área con una diferencia de 0,09 en su calidad ambiental.

## Erosión

El eje Y, indica valores de 0 a 1. A lo largo del eje X, de rendimiento de sedimentos (horizontal), las clases de erosión de ninguna, leve, moderada y extensa se utilizan como base para las fases de erosión. Los valores de rendimiento de sedimentos de cada fase de erosión se expresan en acres-pie por milla cuadrada por año.

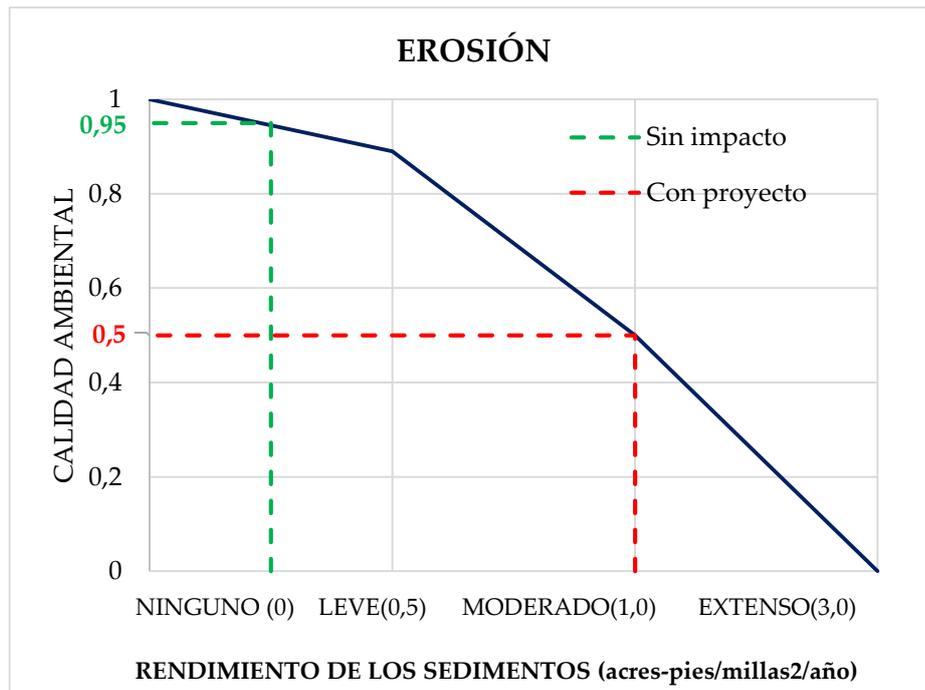


Figura 1.24. Erosión

## Ejemplo

Datos de línea base. En general el área donde se realizará el proyecto hidroeléctrico CCS.,(EFFICACITAS, 2009) presenta un nivel muy bajo de intervención humana, y por ende no se tienen factores que pueden afectar la calidad del suelo, con una diferencia de 0,45 en su calidad.

- *Sin proyecto*

El valor de erosión se encuentra dentro del rango entre ninguno a leve. A partir de la figura (N° 1.24), se obtiene una calidad ambiental de 0,95.

- *Con proyecto*

El valor de erosión se encuentra dentro del rango de moderado. A partir de la figura (N° 1.24), se obtiene una calidad ambiental de 0,5.

La disminución de la calidad se debe a que la erosión del suelo se ve incrementada a un nivel moderado debido a la construcción de la hidroeléctrica tanto en la superficie como subterránea, disminuyendo así la calidad ambiental del parámetro.

## Contaminación por ruido

### Ruido

En el gráfico se asignan al eje vertical o de calidad ambiental valores de 0 a 1,0, y al eje horizontal o intensidad de ruido se escala de 0 a 10 dB. También se incluye en el gráfico el tiempo con el cual se desarrolla el ruido. Esto se expresa como infrecuente, frecuente y continuo.

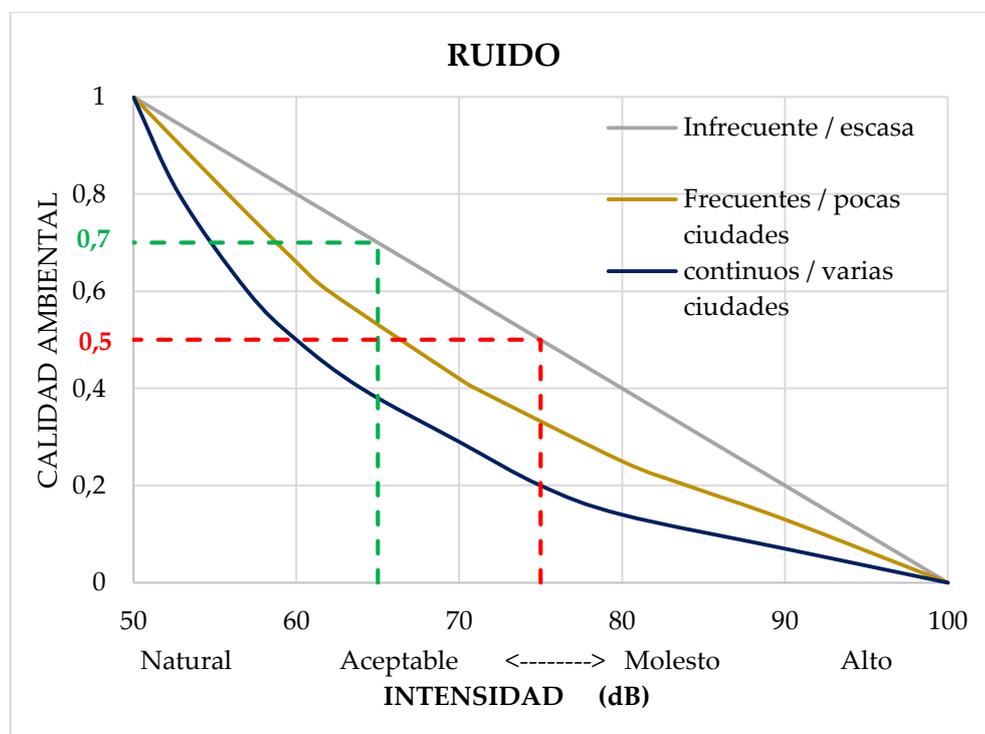


Figura 1.25. Ruido

### Ejemplo

Datos de línea base. Como parte del levantamiento de información para la determinación del estado de línea base en el área de estudio, se procede a realizar mediciones de ruido en diversos sitios de interés para el proyecto. El monitoreo de ruido desarrollado en el Área de implementación del proyecto CCS., (EFFICACITAS, 2009) tiene como propósito fundamental definir el estado ambiental de línea base de las instalaciones. Los niveles de ruido fueron medidos en los sitios donde se implantarán: la obra de captación, campamento San Rafael, la vía a la casa de máquinas, embalse y campamentos del área del embalse.

- *Sin proyecto*

El valor de ruido es 65 dB. A partir de la figura 1.25, se obtiene una calidad ambiental de 0,7.

- *Con proyecto*

El valor de ruido es 75 dB. A partir de la figura 1.25, se obtiene una calidad ambiental de 0,5.

Se determina que los niveles de ruido se superan los niveles máximos permisibles establecido para ruido en ambiente tipo industrial (TULSMA, 2017). La situación observada determina que se debe principalmente a la operación de maquinaria y equipos, involucrados en las diferentes etapas del proyecto.

#### **11.1.1. Interpretación del SEABC**

Los proyectos hidroeléctricos, pueden causar modificaciones ambientales irreversibles, en extensas áreas geográficas, por lo cual tienen el potencial de generar impactos importantes. El agua es uno de los elementos más dinámicos en torno a los proyectos hidráulicos, un ejemplo son las centrales hidroeléctricas, y por lo tanto sus áreas de influencia son de suma importancia para la gestión ambiental de dichos proyectos. Los recursos hídricos influenciados por estos proyectos son los cursos de agua aprovechados para el desarrollo hidroeléctrico desde la obra de toma hasta el canal de restitución (Maldonado, 2008). El uso de maquinaria y equipos que utilizan combustibles y lubricantes ocasionan un impacto significativo negativo sobre la calidad de este recurso, la excavación del túnel de aducción, producen un cambio en la circulación de las aguas subterráneas del sector, el movimiento de tierras que provocan el aumento en la sedimentación de los cuerpos de agua (Alvarado et al., 2017). Mientras que muchos de los efectos indirectos de los proyectos están a su vez relacionados con la contaminación atmosférica, que se produce por la presencia que existe en la atmósfera de pequeñas partículas o productos secundarios gaseosos que pueden implicar riesgo, daño o molestia para las personas, plantas y animales que se encuentran expuestas a dicho ambiente. Los principales medios por los cuales se produce contaminación atmosférica se concentran en los procesos industriales en donde se realiza combustión, así como por fuentes móviles y fijas tales como automóviles y maquinas a combustión (Alvarado et al., 2017). Dependiendo del lugar y las condiciones de estabilidad atmosférica permitirán el grado de dispersión de los

contaminantes(Maldonado, 2008). La contaminación del suelo se refiere a la alteración y presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no están destinados(Eugenio et al., n.d.). Lo que provoca una reacción en cadena. Altera la biodiversidad del suelo, reduciendo la materia orgánica que contiene y su capacidad para actuar como filtro (FAO, 2018). La remoción y alteración parcial o total de la capa superficial del suelo debido a la eliminación de la cobertura vegetal existente y nivelación del terreno para la implementación de proyectos hidrológicos (Alvarado et al., 2017). La contaminación acústica, que es el exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona, por lo que se diferencia de otros contaminantes ambientales por ser el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido, es complejo de medir y cuantificar y no deja residuos, además tiene un radio de acción menor que otros contaminantes ambientales, localizándose en espacios muy concretos(Álvarez et al., 2017), un claro ejemplo es el impacto que produce la construcción y operación de las centrales hidroeléctricas, debido a que su nivel de ruido en las cercanías de la operación de las maquinarias, trabajos específicos de movimiento de materiales o voladuras podría llegar hasta rangos de 90 a 120 dB que se consideran de molesto a doloroso(Alvarado et al., 2017). Por ello la implementación adecuada y puntual de esta categoría enfocadas en sus parámetros respectivos (Arroyo, 2007). Esta categoría contiene 4 componentes y 24 parámetros. Estos fueron seleccionados por Battelle-Columbus para la evaluación de impactos ambientales, porque son fáciles de medir y se han utilizado con frecuencia en el pasado para determinar la calidad (grado de contaminación) del medio ambiente. Dicha calidad fue afectada por el proyecto hidroeléctrico CCS. En la categoría de contaminación ambiental se obtuvieron valores totales de 276,17 para con proyecto y 336,615 para sin, y un cambio neto de -60,445, se notaron impactos negativos en el área del proyecto, como alteración del cauce, corriente y flujos, contaminación antropogénica. En los componentes atmosférico y suelo por construcciones, erosión, material particulado y oxidantes fotoquímicos.

**Tabla N°2.** Valoración del impacto ambiental de la Categoría de Contaminación Ambiental.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	IMPACTOS AMBIENTALES							
	CALIDAD AMBIENTAL (CA)		UNIDADES DE IMPORTANCIA (UIA)	VALORACIONES DE UNIDAD DE IMPACTO AMBIENTAL (UIA)				
	Sin proyecto	Con proyecto		Sin proyecto	Con proyecto	Cambio neto	Porcentaje (%)	Señales de alerta
			402				<30%	
							>30%	
<b>CONTAMINACIÓN DEL AGUA</b>								
Perdidas en las cuencas hidrográficas	1	0,99	20	20	19,8	-0,2	1%	
DBO 5	0,91	0,68	25	22,75	17	-5,75	25,27%	
Oxígeno Disuelto	0,92	0,89	31	28,52	27,59	-0,93	3,26%	
Coliformes Fecales	0,2	0,16	18	3,6	2,88	-0,72	20%	
Carbono Inorgánico	1	1	22	22	22	0	0%	
Nitrógeno Inorgánico	0,87	0,8	25	21,75	20	-1,75	8,05%	
Fosfato Inorgánico	0,45	0,28	28	12,6	7,84	-4,76	37,78%	
Plaguicidas	0,8	0,76	16	12,8	12,16	-0,64	5%	
pH	0,8	0,75	18	14,4	13,5	-0,9	6,25%	
Variación del flujo de corriente	1	0,72	28	28	20,16	-7,84	28%	
Temperatura	1	0,7	28	28	19,6	-8,9	30%	
Sólidos Disueltos Totales	0,7	0,66	25	17,5	16,5	-1	5,71%	
Sustancias Tóxicas	1	1	14	14	14	0	0%	
Turbidez	0,51	0,22	20	10,2	4,4	-5,8	56,86%	
			318					

CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA								
Monóxido de Carbono	0,985	0,9	5	4,925	4,5	-0,425	8,63%	
Hidrocarburos	0,99	0,93	5	4,95	4,65	-0,3	6,06%	
Óxidos de Nitrógeno	0,94	0,8	10	9,4	8	-1,4	14,89%	
Partículas Sólidas	0,98	0,37	12	11,76	4,44	-7,32	62,24%	
Oxidantes Fotoquímicos	0,94	0,61	5	4,7	3,05	-1,65	35,11%	
Óxido de Azufre	0,98	0,75	10	9,8	7,5	-2,3	23,47%	
Otros	1	1	5	5	5	0	0%	
			52					
CONTAMINACIÓN DEL SUELO								
Uso del Suelo	0,99	0,9	14	13,86	12,6	-1,26	9,09%	
Erosión	0,95	0,5	14	13,3	7	-6,3	47,4%	
			28					
CONTAMINACIÓN POR RUIDO								
Ruido	0,7	0,5	4	2,8	2	-0,8	28,6%	
			4					
<b>TOTAL</b>			<b>402</b>	<b>336,615</b>	<b>276,17</b>	<b>-60,445</b>	<b>17,96%</b>	

La evaluación de calidad ambiental en la categoría Contaminación Ambiental, se obtienen resultados para sus 4 componentes y 24 parámetros (valorados 21), obteniendo que 15 parámetros presentan un porcentaje, inferior al 30 %, es decir que tienen un impacto poco significativo, tomando un rojo de tonalidad menor. Al mismo tiempo 6 parámetros presentan un porcentaje del UIA, igual o mayor al 30% tomando un color rojo de tonalidad mayor, para indicar la necesidad de una atención más detallada, en especial con el parámetro de turbidez y temperatura.

## **11.2. Aplicación de la Metodología del Battelle Columbus (BC), para la Categoría Aspecto Estético**

Esta categoría está conformada por 6 componentes (agua, suelo, aire, biota, objetos artesanales, composición) y 17 parámetros. Cabe señalar que varios parámetros estéticos están relacionados con parámetros de las categorías Ecología y Contaminación.

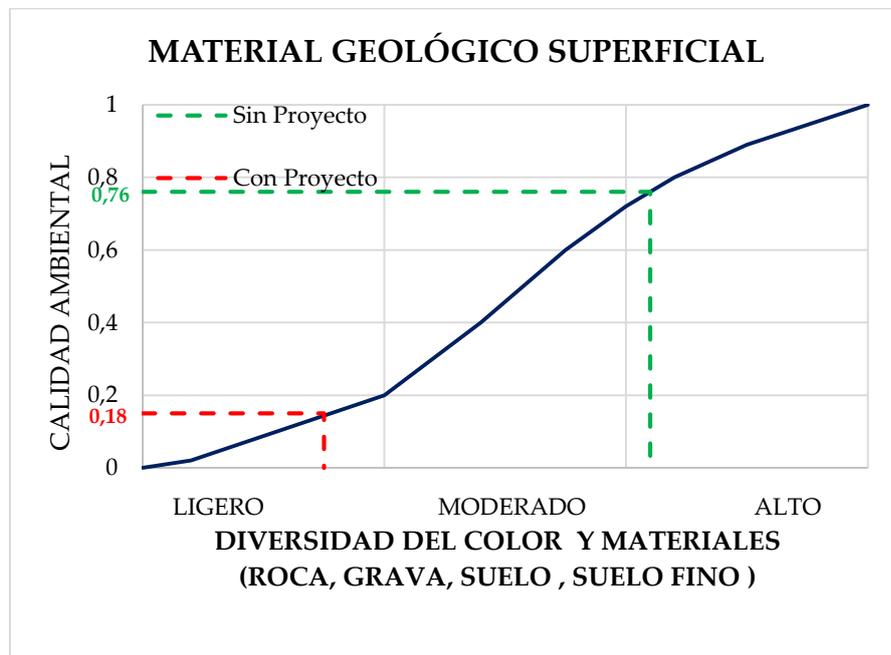
El componente más importante de esta categoría es *Agua* por tanto la calidad estética se relaciona con las características del propio cuerpo de agua y con las características de su interfaz con las masas de tierra adyacentes, es decir, las características de la línea de costa. Algo semejante ocurre en el *Aire* el mismo que tiene el máximo atractivo estético cuando está libre de contaminantes, tiene poca humedad, una temperatura moderada y una velocidad relativamente baja, los contaminantes del aire pueden afectar a la vista o al olfato. De la misma forma el componente *Suelo* en el entorno se encontrará de acuerdo al material de la superficie adyacente a las estructuras del proyecto, se puede determinar su impacto estético general, tales como en la coloración inusual y la diversidad en los tipos y texturas del material. Por otra parte, la *Biota* comprende la composición del ecosistema natural, es decir, las plantas y los animales que están relacionados con los sitios de los proyectos, tienen un profundo efecto sobre la estética de las áreas del proyecto e importancia de interés humano en áreas de importancia ecológica. Con respecto al parámetro *Composición* incluye dos consideraciones: la imagen estética total y los escasos activos físicos y biológicos, la primera se refiere a una descripción de todos los elementos que se puede observar en un lugar determinado, y la segunda estos elementos son esencialmente estéticas "raras y en peligro de extinción" que pueden cambiar drásticamente toda el área. En lo que se refiere a objetos creados por el hombre la calidad estética depende las estructuras construidas y el grado de relación con el entorno, en otras palabras si esta construcción es considerada armoniosa o está subordinado a la naturaleza, esto está determinado por la ubicación, diseño, tamaño, color, textura y densidad que son factores esenciales en la calidad visual (Dee et al., 1973).

### **Suelo**

#### ***Material geológico superficial***

Para evaluar la calidad ambiental asociada a este parámetro, se utiliza la figura (N° 1.1) donde el eje X corresponde a la diversidad de color y materiales (Ligero, Moderado, Alto), mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos

indica que 1 es calidad óptima cuando la diversidad de color y materiales es *Alta*, y 0 de mala calidad, si la diversidad de color y materiales es *Ligero*.



*Figura 1.1.* Material Geológico Superficial

### *Ejemplo*

*Datos de la línea base.* El área de estudio comprende geomorfológicamente al sector de la vertiente oriental de los andes conocida como dominio o paisaje subandino. Se encuentra en los límites: al Oeste el paisaje de alta montaña, zona de escamas tectónicas de dirección NE-SO, cuyas últimas ramificaciones se encuentran a la raíz del volcán activo Reventador, mientras que al Este la llanura oriental amazónica Reventador, el límite Este es la gran falla Chingual (A. Alvarado, 2012) de empuje donde aflora un cinturón de rocas sedimentarias con edades del Paleógeno al Neógeno, en su condición de levantamiento anticlinal el paisaje subandino se encuentra sometido a una profunda y permanente erosión cuyo resultado es llamativo desde el punto de vista geomorfológico y paisajístico son los profundos valles en V, que por su magnitud pueden ser llamados cañones como es el caso del río Coca desde la cascada San Rafael hasta su unión con el río Machacayacu. Los factores morfogénicos son: el levantamiento del basamento cristalino más antiguo, la actividad volcánica cuaternaria y el fuerte poder erosivo de los cursos de agua (EFFICACITAS, 2009).

- *Sin proyecto*

La calidad estética del material geológico superficial es Alto por su diversidad de color y materiales. A partir de la figura N° 1.1, se obtiene una calidad ambiental de 0,76.

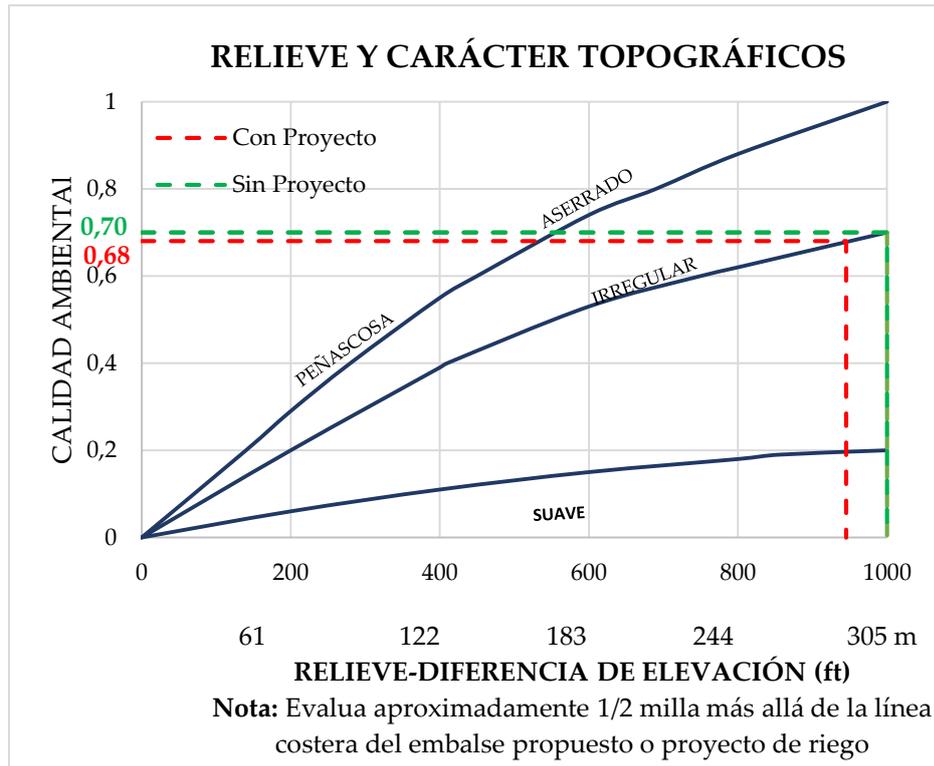
- *Con proyecto*

La calidad estética del material geológico superficial es Ligero por su diversidad de color y materiales. A partir de la figura N°1.1, se obtiene una calidad ambiental de 0,18.

La disminución en la calidad estética de este parámetro ocasionara la ocupación invasiva de terrenos por construcciones y vías, además de presentar erosión del suelo debido al movimiento de la tierra.

### ***Relieve y Carácter Topográfico***

Para establecer la calidad en este parámetro se emplea la figura (N° 1.2) donde el eje X está representado por el relieve (Suave, Irregular, Aserrado y Peñascosa) y la diferencia de elevación desde 0 ft a 1000ft, cabe mencionar que en Ecuador se utiliza los metros (m) como unidad de medida del sistema internacional, mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando la diferencia de elevación es 1000ft o 305 m, y 0 de mala calidad, si la diferencia de elevación es 0 ft.



**Figura 1.2.** Relieve y carácter topográfico

*Ejemplo*

*Datos de la línea base.* El área de estudio corresponde a la subcuenca hidrográfica del río Coca, se ubican en un rango altitudinal que va desde los 1100 hasta los 660 msnm. El área es irregular y con pendientes muy pronunciadas, conformadas por colinas y quebradas que forman cañones angostos y profundos. El suelo varía de acuerdo a la topografía del sector, presenta principalmente características limosas, arcillosas y arenosas, con elementos de origen volcánico (COCASINCLAIR, 2013).

- *Sin proyecto*

La calidad estética del relieve y carácter topográfico es Irregular por la diferencia de los puntos (1100 -660 msnm) obteniendo como resultado 440 msnm; sin embargo, la figura N°1.2, presenta valores máximos de 1000 ft (305m) por lo tanto se ha tomado este valor como el resultado del relieve propuesto. A partir de la Figura N°1.2, se obtiene una calidad ambiental de 0.70.

- *Con proyecto*

La calidad estética del relieve y carácter topográficos es ligeramente más baja, su relieve es Irregular; sin embargo, la figura N°1.2, presenta valores máximos de 1000 ft (305m) por lo tanto el resultado es la disminución a (400m.s.n.m) y en referencia a los valores propuestos. A partir de la figura N°1.2, se obtiene una calidad ambiental de 0.68.

La disminución de la calidad estética de este parámetro provocara la destrucción del valle rocoso por la construcción del sitio de captación de la hidroeléctrica, el cual incluye una fase de excavación y sostenimiento de taludes, además del desarrollo de vías tanto para la Casa de Máquina y al Embalse Compensador genera expectativas en la población local y es probable que la frontera agrícola incremente, cabe recalcar que esta disminución no tiene mayor impacto ya que se encuentra hacia los lechos del río.

### ***Extensión y Alineaciones***

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.3) donde el eje X está representado por el ancho (igual a la profundidad, 2 veces la profundidad, 3 veces la profundidad) y la alineación (Derecho, Serpenteante Tortuoso), mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando *el ancho es igual a la profundidad*, y 0 de mala calidad, si *el ancho es 3 veces a la profundidad*.

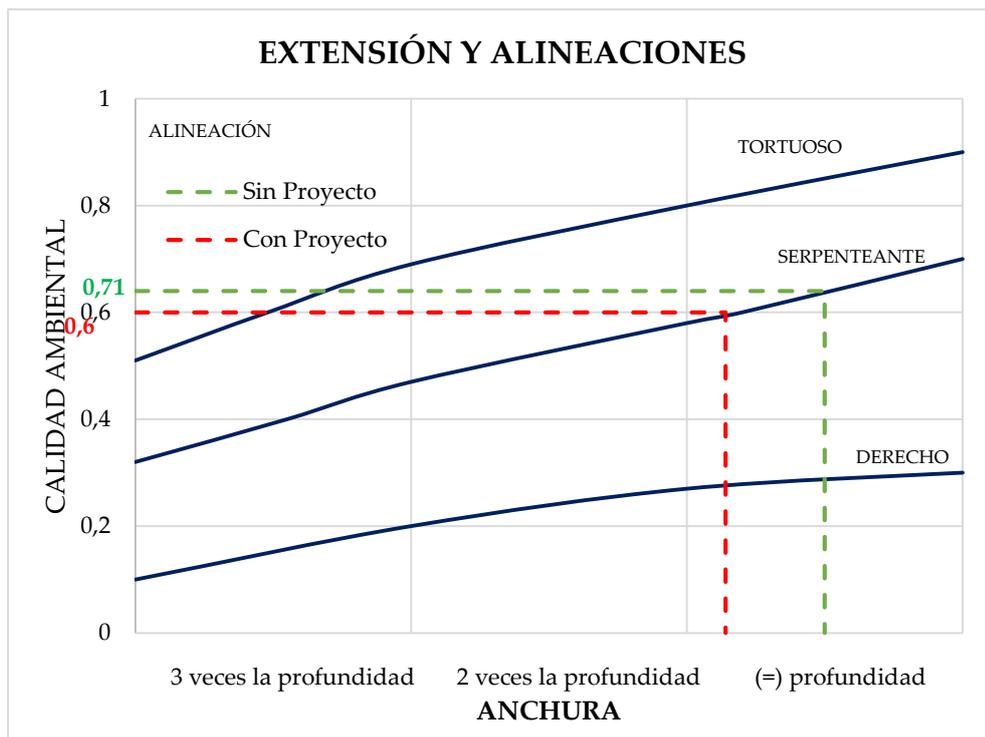


Figura 1.3. Extensión y alineaciones

*Ejemplo*

*Datos de la línea base.* El área del sitio propuesto para el embalse del proyecto hidroeléctrico CCS, es un paisaje subandino se encuentra sometido a una profunda y permanente erosión cuyo resultado más llamativo desde el punto de vista geomorfológico y paisajístico son los profundos valles en V que por su magnitud pueden ser llamados “cañones” como el caso del Río Coca desde la cascada San Rafael hasta su unión con el Río Machacayacu, unos 8 km aguas abajo del Codo Sinclair, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica permitió definir los diferentes estilos fluviales que adopta el cauce principal de la cuenca hidrográfica del río Coca presenta sinuosidad en todo su recorrido, de acuerdo con el análisis se determina: ancho del valle 614.33 m, altura min= 1182 msnm, altura máx.= 1827 msnm, la diferencia de alturas 645m.

- *Sin proyecto*

La calidad estética de extensión es igual a la profundidad y alineaciones serpenteantes, cabe recalcar que del sitio desde que se inició el proyecto y río abajo no se verán afectados. A partir de la figura N°1.3, se obtiene una calidad ambiental de 0.71.

- *Con proyecto*

La calidad estética de extensión es ligeramente más baja; sin embargo, es igual a la profundidad y alineación serpenteante. A partir de la figura N°1.3, se obtiene una calidad ambiental de 0.60.

El valor estético se reduce con el aumento de la sección transversal y la disminución de la profundidad, el impacto generado en el ancho del valle 614.33 m es casi igual a la diferencia de alturas 645m. Una alteración en la vegetación a lo largo de la superficie de esta cuenca puede conllevar a un incremento en la sedimentación que afectaría a la productividad de energía hidroeléctrica en esta central, así como una variación en los caudales a lo largo del año (Ministerio del Ambiente, 2015).

## **Aire**

### ***Olor y visibilidad***

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.4) donde el eje X corresponde a la calidad visual en relación del olor (Agradable, Desagradable, Sin olor) y la contaminación del aire (Frecuente, Moderado, Claro) mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que **1** es calidad óptima cuando en la calidad visual *No Exista Contaminación*, y **0** de mala calidad, si la calidad visual tiene contaminación es *Fuerte y Frecuente*.

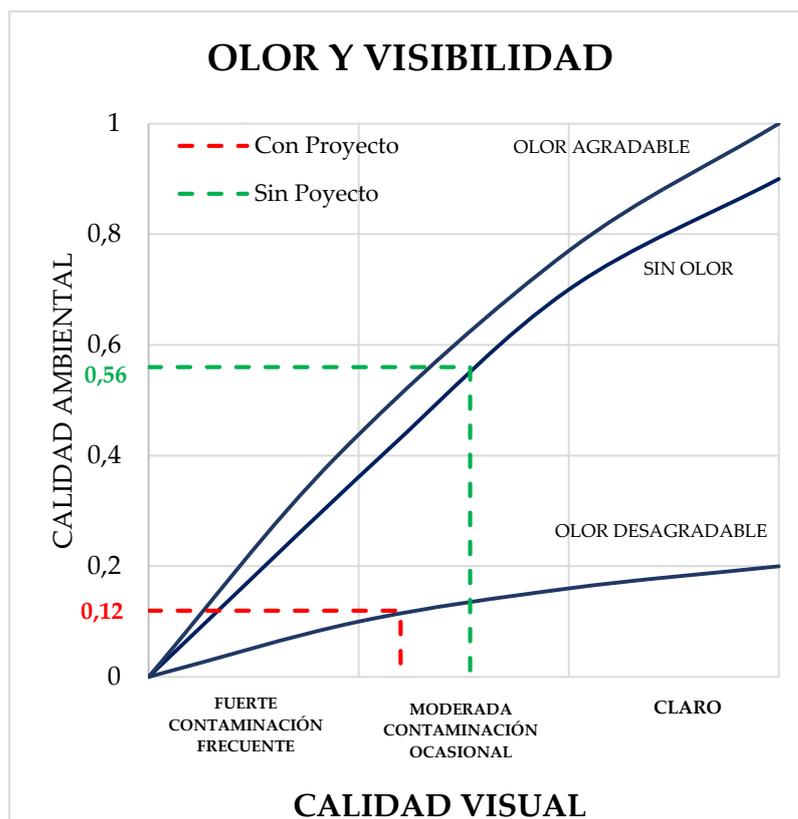


Figura 1.4. Olor y visibilidad

*Ejemplo*

*Datos de la línea base.* Las condiciones referentes a las emisiones y calidad de aire en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico CCS, antes de la ejecución del proyecto cuenta con instalaciones habilitadas en las actividades de construcción, como campamentos, vías de acceso, en la vía principal (vía Papallacta – Lago Agrio) a la altura río Quijos- Salado, las emisiones dependerán del tráfico vehicular en la vía, la misma que sirve como medio de comunicación entre la sierra y el oriente ecuatoriano, otras fuentes de emisión son los motores de combustión interna estáticos requeridos en la ESTACION DE BOMBEO EL SALADO de PETROECUADOR, por otro lado las actividades preliminares como la implementación de campamentos siendo los principales San Rafael y la zona de Embalse Compensador, generaran emisiones por el uso de equipos generadores eléctricos, los mismos que operan con motores de combustión interna, otro factor importante es la presencia del Volcán Reventador, siendo la fuente de emisiones no antropogénicas, su actividad periódica es en forma discreta, con emisiones de magma, gases y partículas(cenizas) (EFFICACITAS, 2009).

- Sin proyecto

La calidad visual de olor y visibilidad presenta contaminación moderada-sin olor. A partir de la figura N°1.4, se obtiene una calidad ambiental de 0.56.

- *Con proyecto*

La calidad visual de olor y visibilidad presenta contaminación moderada-olores desagradables. A partir de la figura N°1.4, se obtiene una calidad ambiental de 0.12.

La disminución en la calidad estética de este parámetro se registra a la no existencia de un monitoreo de calidad de aire en el área de estudio; sin embargo, la afectación por el tráfico de vías, los motores de combustión interna, y extracción de agregados producen un incremento en las concentraciones de material particulado, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles. De acuerdo a (Symonds, Rose, Bluth, and Gerlach, 1994) manifiesta que las emisiones generadas por actividad volcánica son sustancias como: vapor de agua, hidrógeno, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, azufre, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, no obstante mediante la visita in situ realizada por (EFFICACITAS, 2009) sé evidencia que la actividad volcánica no genera alteraciones significativas, además se demuestra que no existe problemas notorios en la calidad de aire.

### ***Sonido***

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.5) donde el eje X está representado por la frecuencia del sonido (Frecuente, Ocasional) y agradabilidad, mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando en la frecuencia del sonido sea *Frecuente- Agradable*, y 0 de mala calidad, si la frecuencia del sonido es *Frecuente-Desagradable*.

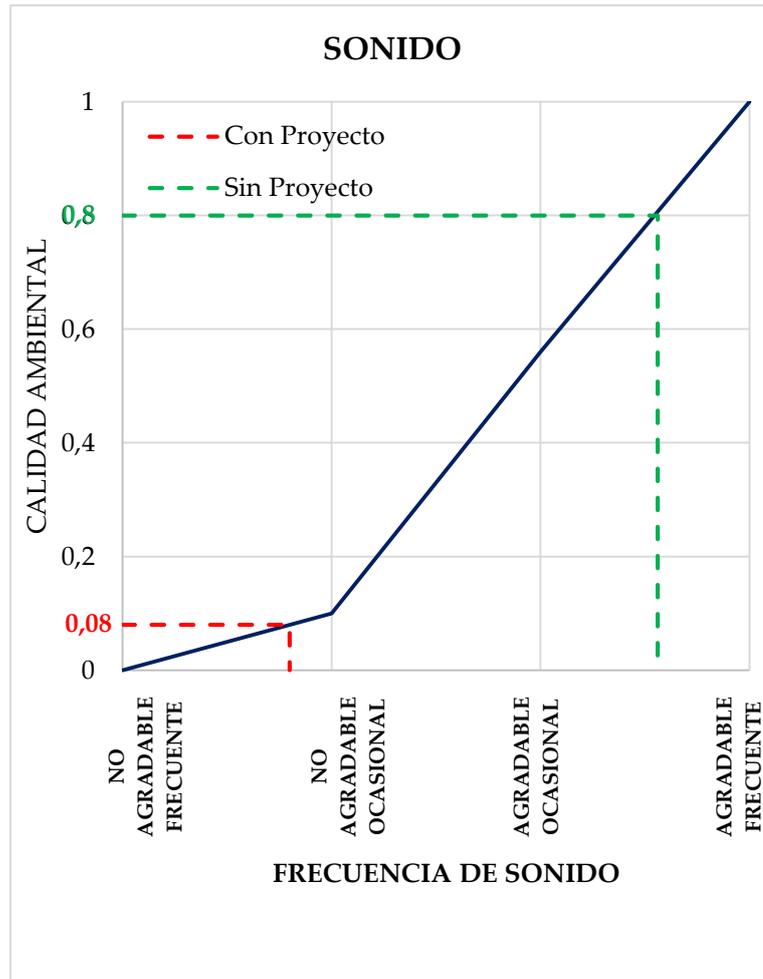


Figura 1.5. Sonido

### Ejemplo

*Datos de la línea base.* La medición de los niveles de ruido ambiental se realizó de acuerdo a lo especificado en el Libro VI, Anexo 5 del TULAS. El área de estudio, se tomaron varias lecturas de presión sonora, en intervalos de 10 segundos cada una durante un minuto. Los valores obtenidos son procesados para obtener el promedio total. Se puede observar en general en todos los valores reportados una variación de acuerdo a las distintas áreas del bosque, además es evidente que por la pendiente de los cuerpos de agua existentes generan un nivel de ruido considerable, en relación con el resto de fuentes naturales, como viento, canto de aves, ruido de insectos, etc. por ello el nivel de ruido en el bosque está representado por el producido por la fauna silvestre, especialmente por aves e insectos. Bajo estas condiciones, el mayor valor reportado fue 59,8 dB(A) en la tarde, con influencia directa del ruido ocasionado por el río Coca; y el menor valor, 42,6 dB(A), que fue reportado en la mañana, con influencia de la fauna y de un estero cercano (ENTRIX, 2009).

- *Sin proyecto*

La calidad estética del sonido de acuerdo a la frecuencia es agradable-frecuente. A partir de la figura N° 1.5, se obtiene una calidad ambiental de 0.80.

- *Con proyecto*

La calidad estética del sonido de acuerdo a la frecuencia es no agradable-frecuente. A partir de la figura N° 1.5, se obtiene una calidad ambiental de 0.08.

La frecuencia del sonido es analizado por el monitoreo de ruido, en los periodos diurno y nocturno desarrollado por (EFFICACITAS, 2009) y acorde a los requerimientos TULSMA, se consideró un periodo mínimo de 10 min ,el equipo fue ajustado a una escala de ponderación "A" y operado con un sistema automático e integración de 5 s, el equipo utilizado proveyó la presión sonora en decibels  $A(L_{Aeq})$ , se realizó un plano de georreferenciación de las instalaciones obteniendo el reporte de los resultados en el periodo diurno de las áreas que superaron los 70 dB A, siendo el valor el límite máximo permisible establecido para ruido ambiente en aplicaciones de tipo industrial, las áreas son las siguientes: el Campamento San Rafael, lindero norte, frente Helipuerto corresponde cuando no está en operación y la operación del mismo, Campamento este en el Embalse Compensador, frente al generador eléctrico y vías a la casa de máquinas, frente al sitio de construcción, se debe principalmente a la operación de maquinaria y equipos.

## **Agua**

### ***Apariencia del Agua***

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.6.) donde el eje X está representado por las características de flujo (Estático, Lento, Moderado, Agua blanca) y aspecto visual del agua (Claro, Moderado, Turbio), mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando la característica de flujo es *Agua Blanca*, y 0 de mala calidad, si la característica de flujo es *Estática*.

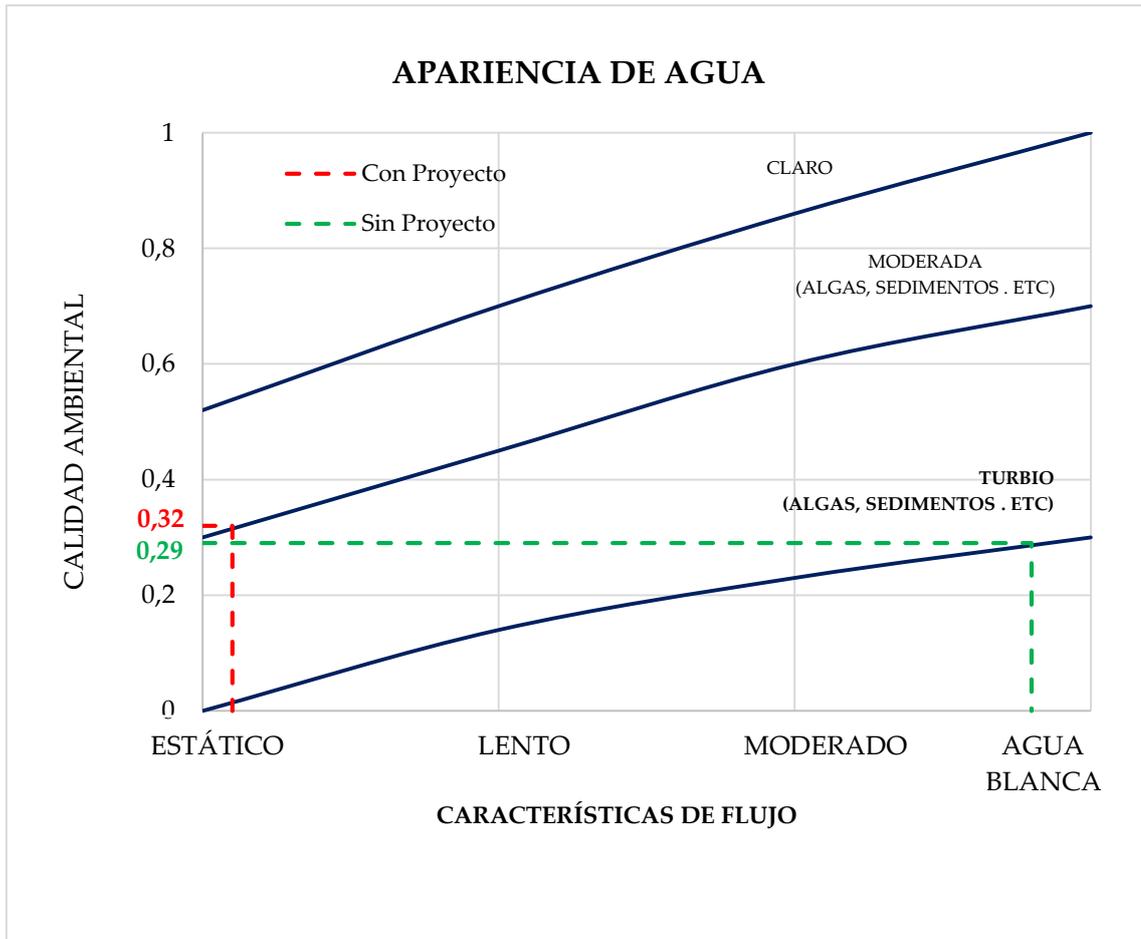


Figura 1.6. Apariencia de agua

### Ejemplo

*Datos de la línea base.* El río Coca se caracterizó por tener aguas turbias, la corriente fue fuerte y el substrato estuvo conformado por arena. El río tuvo una amplitud aproximada de 80m con 1,20m de profundidad. La calidad del recurso hídrico va a ser alterada desde el punto de vista físico, químico y/o microbiológico, por las actividades de movilización y presencia del personal, por la remoción de vegetación y evidentemente por el movimiento de tierras que provocará el aumento en la sedimentación de los cuerpos de agua, el uso de maquinaria y equipos que utilizan, combustibles, lubricantes, entre otras sustancias debido a un goteo o derrame de dichas sustancias puedan ocasionar un impacto de intensidad alta sobre la calidad del recurso agua. (ENTRIX, 2009).

- *Sin proyecto*

La calidad estética de la apariencia del agua acorde a las características de flujo y aspecto visual es moderada con flujo turbulento y presencia de sedimentos. A partir de la figura N°1.6, se obtiene una calidad ambiental de 0.29.

- *Con proyecto*

La calidad estética de la apariencia del agua acorde a las características de flujo y aspecto visual es estática con flujo moderado y presencia de sedimentos. A partir de la figura N°1.6, se obtiene una calidad ambiental de 0.32.

El aumento del impacto estético de este parámetro se basó en visitas in situ realizadas en los meses de noviembre y diciembre de 2016, se observó que no corría agua por el río después de la captación de CCS. El río estaba seco y únicamente después de la afluencia de riachuelos y quebradas cercanas se alimentaba agua al río Coca (Moreno, 2019). El principal impacto ambiental del proyecto implicara en el embalsamiento de aguas contaminadas con potenciales afectaciones a la salud de las poblaciones más próximas (la comunidad de Santa Rosa), y su influencia en el equilibrio ecológico de los ecosistemas afectados alrededor del embalse (CELEC, Manduriacu, 2016). Un miembro de la comunidad relata que “cuando comenzaron a embalsar esto, las guantas eran hecho fila muertas porque comenzó a subir el agua a las guaridas, de guantas, guatusas, los puercos del monte” (E26, entrevista, 2016). Frente a estas condiciones, varios pobladores y propietarios consideran incomprensible tener un embalse de agua contaminada que concentra malos olores, basura, mosquitos y alta carga de sedimentos.

### ***Interface agua – tierra***

Para establecer la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.7.) donde el eje X está representado por la extensión y aspecto de la superficie (ligero, moderado, severo), mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando el aspecto de la superficie es *Ligero*, y 0 de mala calidad, si el aspecto de la superficie es *Severo*.

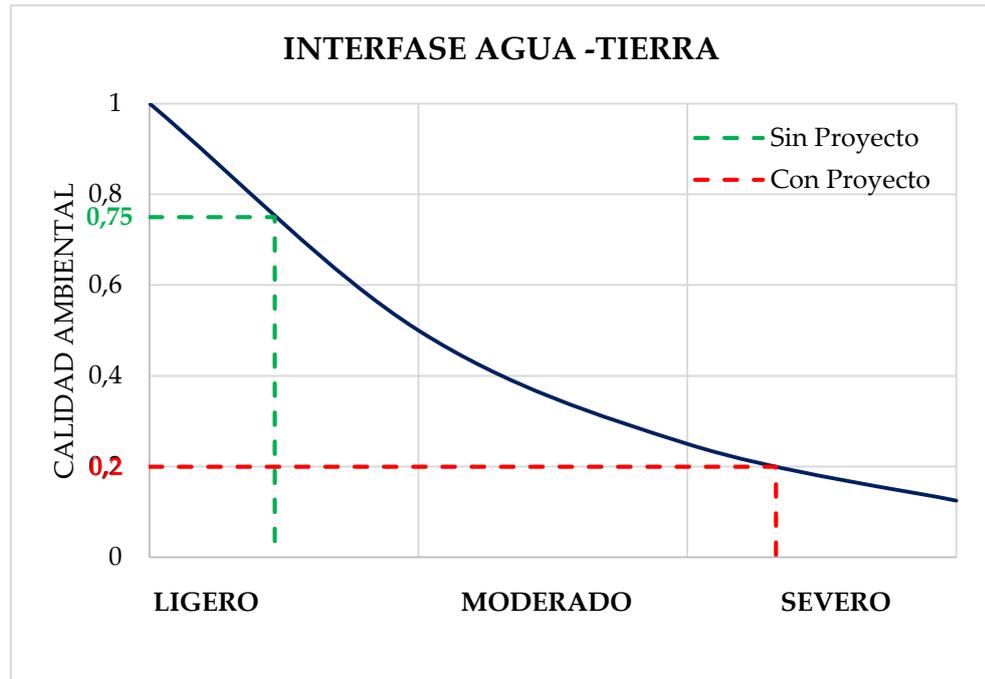


Figura 1.7. Interface agua – tierra

### Ejemplo

*Datos de la línea base.* Las características de las unidades litológicas que conforman las formaciones geológicas que afloran a lo largo del proyecto y su área de influencia, poseen diferentes grados de permeabilidad y de porosidad Intergranular y/o fracturamiento, lo que da origen a la presencia de acuíferos de variadas características. El acceso a las riberas del río Coca proporcionó abundante materia prima de canto rodado, formado por elevaciones empinadas y rocosas, cubierto de una densa vegetación, con altos niveles de precipitación y fuentes de agua que alimentan el principal sistema hidrográfico formado por la cuenca del río Coca (ENTRIX, 2009).

- *Sin proyecto*

La calidad estética de la interface tierra- agua de acuerdo a la extensión y aspecto de la superficie correspondiente a las variaciones del nivel en los márgenes es ligero. A partir de la figura N°1.7, se obtiene una calidad ambiental de 0.75.

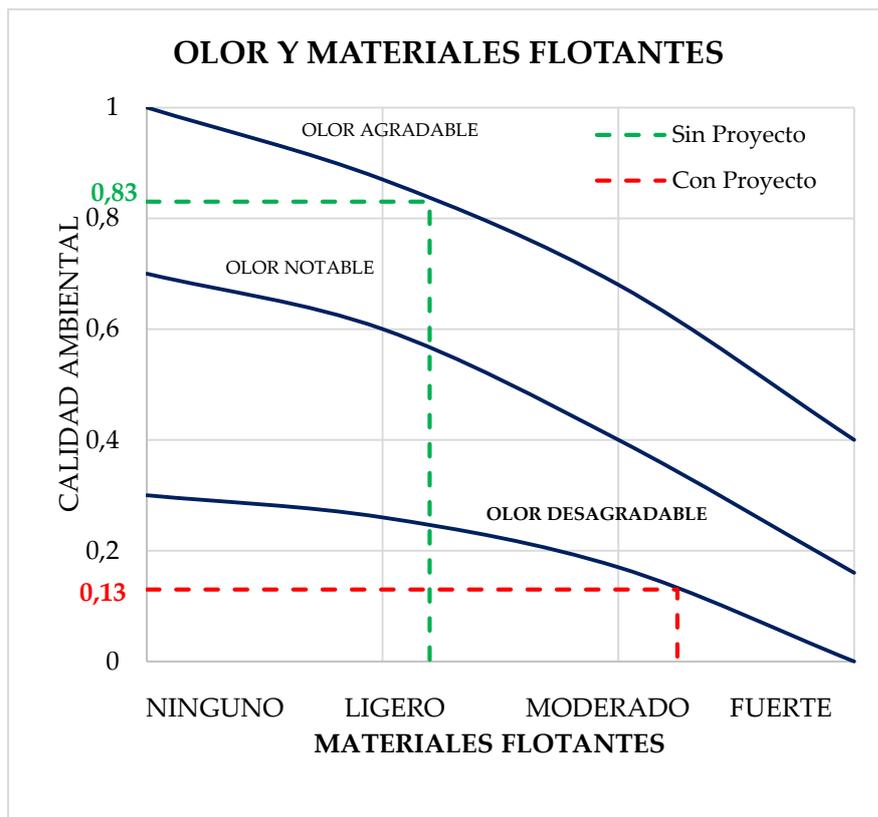
- *Con proyecto*

La calidad estética de la interface tierra- agua de acuerdo a la extensión y aspecto de la superficie correspondiente a las variaciones del nivel en los márgenes es severo. A partir de la figura N°1.7, se obtiene una calidad ambiental de 0.20.

El impacto generado de este parámetro, se obtuvo de la observación realizada por (Moreno, 2019), que hace referencia a los embalses y los desvíos de ríos, en particular, amenazan a los hábitats de agua dulce por la creación de obstáculos que suponen las presas y grandes extensiones de agua embalsada, junto con la reducción del caudal del río aguas abajo y la interrupción de las conexiones ecológicas en los sistemas acuáticos. La regulación de la descarga de los ríos por grandes presas frecuentemente interrumpe la mayoría de los procesos ecológicos de los ecosistemas ribereños, de agua dulce y estuarinos (Poff et al., 2010). Pero las alteraciones van más allá de la hidrología superficial y subterránea, también, alteran los regímenes de sedimentación, de circulación de nutrientes y de materia orgánica, la temperatura y los regímenes de luz / sombra (Baron et al., 2002). Desencadenando en una serie de factores de estrés para los ecosistemas acuáticos y ribereños.

### ***Olor y Materiales flotantes***

Para establecer la calidad en este parámetro se emplea la figura (Nº 1.8.) donde el eje *X* está representado por la cantidad de materiales flotantes (Ninguno, Ligero, Moderado, Fuerte) y percepción del olor (Agradable, Notorio, Desagradable), mientras el eje *Y*, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que *1* es calidad óptima cuando la cantidad de materiales flotantes es *Ligera*, y *0* de mala calidad, si la cantidad de materiales flotantes es *Fuerte*.



*Figura 1.8.* Olor y materiales flotantes

*Ejemplo*

*Datos de la línea base.* En función de los resultados del análisis del Índice de Calidad del agua, establecidos en el (TULSMA, 2017). De los 8 puntos de muestreos, los puntos más relevantes indican la concentración de coliformes fecales en el afluente 1 es elevada, muy alejado a los valores establecidos según los criterios de calidad utilizados; el Afluente 3 también sobrepasa los valores límites, pero no se aleja tanto de éstos. De acuerdo con las características del área muestreada, la fuente de este tipo de contaminación podría estar relacionada con la circulación de fauna silvestre que se desplaza por el bosque natural presente. Otra característica de estos cuerpos de agua es que arrastran sedimentos de la cordillera, (ENTRIX, 2009).

- *Sin proyecto*

La calidad estética de acuerdo a las cantidades de materiales flotantes es ligera y la percepción del olor es agradable. A partir de la figura N°1.8, se obtiene una calidad ambiental de 0.83.

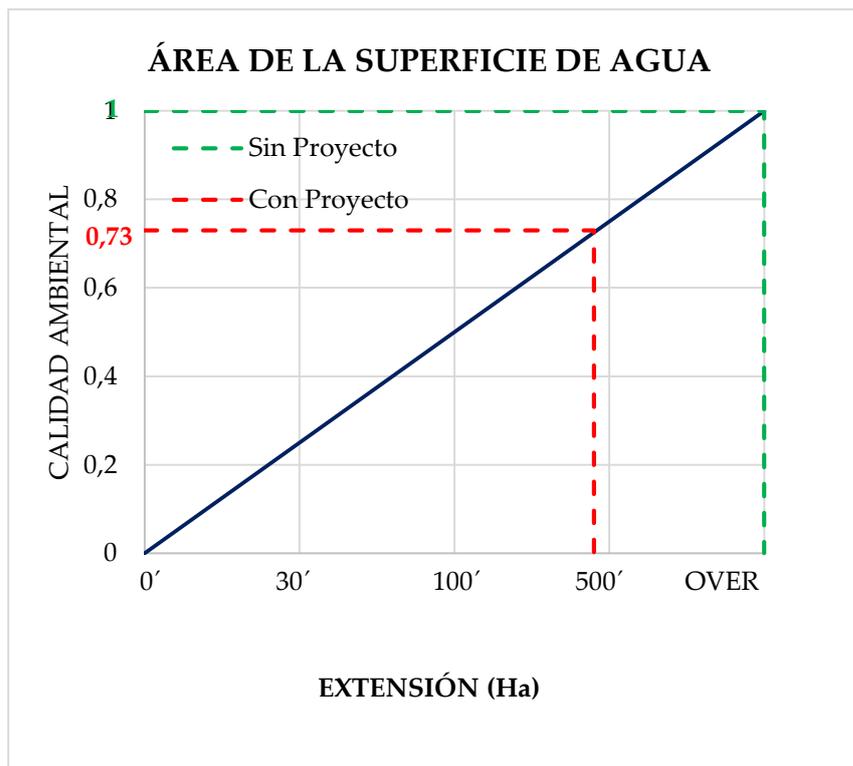
- *Con proyecto*

La calidad estética de acuerdo a las cantidades de materiales flotantes es moderada-fuerte y la percepción del olor es desagradable. A partir de la figura N°1.8, se obtiene una calidad ambiental de 0.13.

El aumento en las cantidades de materiales flotantes es ligero y la percepción del olor se basó en las muestras realizadas por (EFFICACITAS, 2009) se determina que los sedimentos que acarrea el río coca aguas abajo son principalmente gravas y arenas, además de muestras de aceites y grasas, del mismo modo se encuentra concentraciones de manganeso, vanadio, zinc, cobre, cromo, plomo y en menores concentraciones el mercurio, plata y azufre, (ENTRIX, 2009) infiere que es consecuencia de las actividades de movilización y presencia del personal, por la remoción de vegetación y evidentemente el uso de maquinaria y equipos que utilizan, combustibles, lubricantes, entre otras sustancias debido a un goteo o derrame de dichas sustancias. Moreno, 2019 menciona frente a estas condiciones, varios pobladores y propietarios consideran incomprensible tener un embalse de agua contaminada que concentra malos olores, basura, mosquitos y alta carga de sedimentos, además de un caudal mínimo de arrastre de materia orgánica producto de la descomposición de vegetación acuática troceada, aguas abajo de la presa, se reporta que el agua “ahora viene mala, les enferma, les da diarrea, vómito, les salen granos”.

### ***Área de la Superficie del Agua***

Para evaluar la calidad en este parámetro, se emplea la figura (N° 1.9.) donde el eje X está representado por la superficie del agua (ft) mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando superficie del agua sea *mayor a 500 ft*, y 0 de mala calidad, si la superficie del agua es *0 ft*.



*Figura 1.9.* Área de la superficie del agua

### *Ejemplo*

*Datos de la línea base.* El proyecto ubicado a 130 kilómetros de Quito entre las provincias de Napo (cantón El Chaco) y Sucumbíos (cantón Gonzalo Pizarro) El área hidrológica aportante del proyecto está constituida por la cuenca del Río Coca hasta el sitio Salado (sitio de presa), que cubre una superficie de 3 600 km<sup>2</sup>.

- *Sin proyecto*

La calidad estética del área de la superficie del agua desde el río arriba sin proyecto y río abajo no tienen importancia (100m<sup>2</sup>). A partir de la figura N°1.9, se obtiene una calidad ambiental de 1.

- *Con proyecto*

La calidad estética del área de la superficie del agua es un valor de 492 pies. A partir de la figura N°1.9, se obtiene una calidad ambiental de 0.73.

A lo largo de la cuenca se tiene un promedio de 262,47 pies (80m) de ancho durante el flujo normal, pero variarán desde unos pocos pies en la estación seca hasta períodos de inundación cuando pueden llegar a tener varios cientos de pies de ancho.

El ancho principal se formará directamente detrás de la presa, tendrá una superficie de varios kilómetros de ancho.

El sistema de clasificación de valor estético de Battelle-Columbus de agua superficial se basa en el ancho del lago (figura N°1.9). Se utilizó la línea de contorno de 500 pies para determinar el ancho para la apreciación estética, ya que el nivel del agua estará más cerca de este nivel mucho más a menudo que el nivel de la piscina de la inundación.

Las distancias comparativas entre las superficies de agua actuales y la superficie proyectada con el embalse, determinadas para cuatro los lugares dentro del sitio propuesto para la reserva, son:

Sin el ancho del proyecto (262,47pies)

Con el ancho del proyecto (500 pies de altura estimado en comparación con otros proyectos similares)

Con la construcción de la presa tendrá un crecimiento en el ancho de un 80%

262,47pies-----100%

x-----80% = 209,98pies

Total, ancho =472,45 pies

300-----1,25

x.....2= 480 pies

**Ancho promedio** = (472,45 pies + 480 pies) /2= **476.23 pies**

El valor del punto medio de cada una de las divisiones se determinó a partir de la figura N°1.9. Las divisiones en pies y el eje x se han traducido sobre una base de 0 - 10, y el punto medio de cada una se ha elegido para los cálculos. Estos son:

Divisiones en pies	Valor del Punto Medio
0 – 300	1.25
480 pie	2
300 - 1,000	3.75
1,000 - 5,000	6.25
5,000 - and up	8.75

Estos valores medianos sirven como medidas de los parámetros. Las áreas río arriba no serán modificadas por la construcción del lago y se les dio valores RI de cero. El sitio sin proyecto medida se le asigna un valor de 1,25 ya que los cuatro lugares tienen menos de 300 pies de ancho y esto es el promedio. El embalse comenzará a llenarse y habrá un aumento considerable de la superficie de agua durante el período de construcción. El ancho de la superficie nos dio un valor de 492 pies y el valor medio de estas mediciones.

### ***Márgenes Geológicos y Arboladas***

Para establecer la calidad en este parámetro se emplea la figura (N° 1.10.) donde el eje X está representado por el material geológico (Barro, 20%, 50%, 100 % arena, grava, roca) y la cubierta arbolada (0-30%; 30-60%; 60-100% arbolado) mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando el material geológico sea 100 % Arena, Grava, Roca y 0 de mala calidad, si acuerdo al material geológico es Barro.

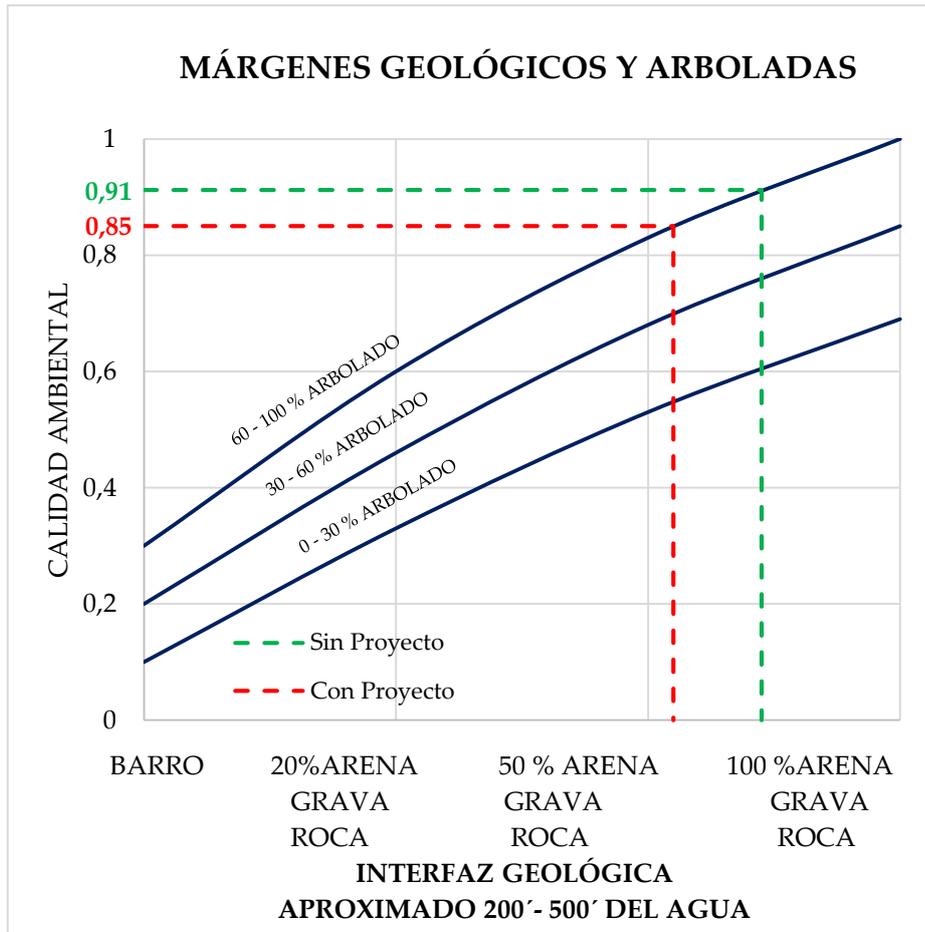


Figura 1.10. Márgenes geológicas y arboladas

### Ejemplo

*Datos de la línea base.* La arena y gravas representan una parte muy importante de la carga sedimentaria del río y son llevadas principalmente por tracción, es decir por arrastre de fondo durante las grandes crecidas. La granulometría varía entre arcilla, limo y arena, en ocasiones parece haber un cierto grado de estratificación, aflora en el margen de la derecha del valle del río coca, sector del río Malva, y aguas arriba de la confluencia con el río Malo, la potencia de afloramiento varía entre 15 y 20 metros, posee áreas de 100% bosque natural, la interfaz geológica alcanzó una longitud total de 827,80 m (ENTRIX, 2009).

- Sin proyecto

La calidad estética del material geológico es 75% grava, roca, arena y la cubierta arbolada es 60-100%. A partir de la figura N° 1.10, se obtiene una calidad ambiental de 0.85.

- Con proyecto

La calidad estética del material geológico es 55% grava, roca, arena y la cubierta arbolada es 60-100%. A partir de la figura N° 1.10, se obtiene una calidad ambiental de 0.85.

El aumento de material geológico se genera desde la fase de construcción, etapa en la cual se ocasiona mayor arrastre de sedimentos, mientras en la fase de operación dependerá del funcionamiento, es decir que mientras las compuertas se encuentren cerradas el arrastre de grava y arena se va reducir porque el agua permanece en reposo, mientras cuando se abran las compuertas va aumentar, cabe mencionar que la mayoría de obras son subterráneas. En el caso de la superficie terrestre de igual manera el arrastre de sedimentos va a aumentar por el desplazamiento de tierra y condiciones climáticas, esto conlleva a la pérdida de vegetación ribereña, detrimento de la calidad del agua por descargas de efluentes, y el incremento del aporte de sedimentos al río debido a la erosión de la cuenca (Moreno, 2019).

## **Biota**

### *Animales Domésticos*

Para evaluar la calidad ambiental asociada a este parámetro, se emplea la figura (N° 1.11) donde el eje X corresponde a la cantidad de animales domésticos observables (Escaso, Común, Abundantes), mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando la cantidad de animales es *Abundante*, y 0 de mala calidad, si la cantidad de animales es *Escasa*.

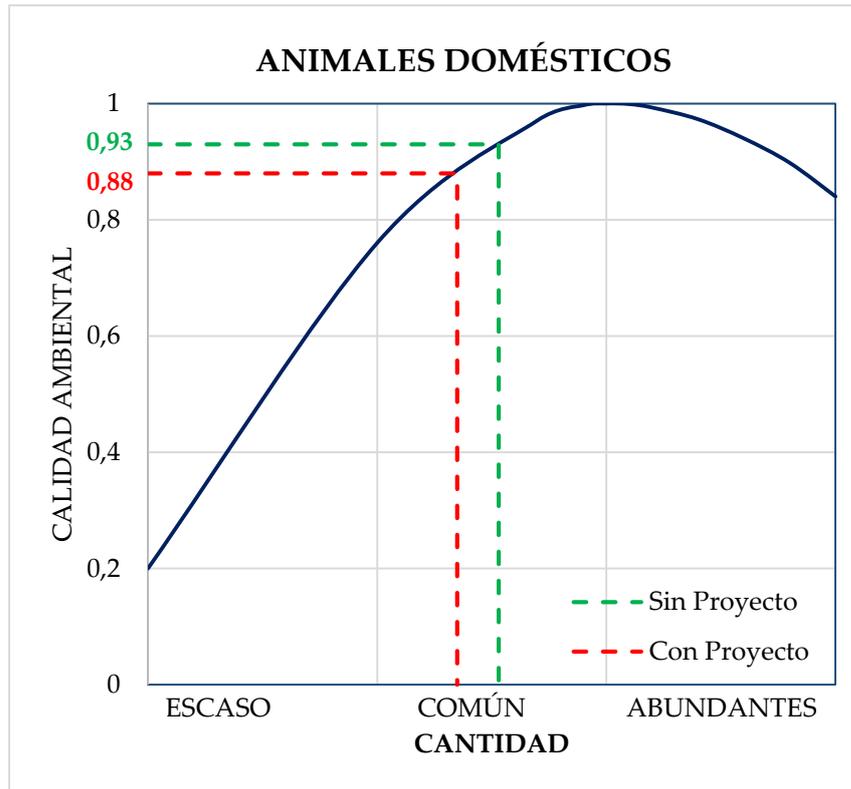


Figura 1.11. Animales domésticos

### Ejemplo

*Datos de la línea base.* El área de influencia registra actividades pecuarias destinadas a la crianza de ganado vacuno, porcino y caballar que sustentan la economía de los pobladores de la zona, así también se registra la crianza de aves de corral. Por otra parte, las zonas alteradas están representadas por bosques secundarios y áreas deforestadas que han sido utilizadas para cultivos y actividades ganaderas extensiva, la agricultura a diferentes escalas y el turismo(ENTRIX, 2009).

- *Sin proyecto*

La calidad estética en la cantidad de animales domesticas observables, es común. A partir de la figura N°1.11, se obtiene una calidad ambiental de 0.93.

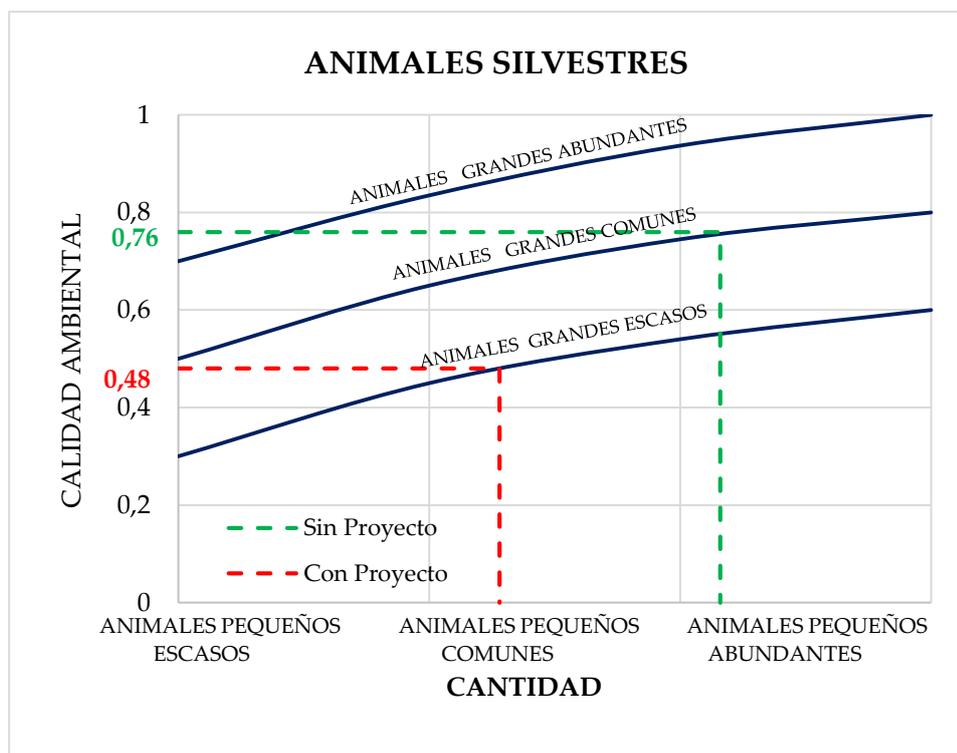
- *Con proyecto*

La calidad estética en la cantidad de animales domesticas observables, es ligeramente más baja; sin embargo, es común. A partir de la figura N°1.11, se obtiene una calidad ambiental de 0.88.

La valoración proyectada ligeramente más baja se valoró según Moreno, 2019, menciona que no hay registros en la actualidad diferencias o variaciones significativas en las condiciones biológicas de las especies faunísticas de estas áreas, COCASINCLAIR S.A, 2009 señala que las poblaciones de las fincas situadas sobre el río quijos y coca no utilizan el agua de río y que han trasladado el ganado a la parte alta.

### *Animales Silvestres*

Para evaluar la calidad ambiental asociada a este parámetro, se emplea la figura (N° 1.12) donde el eje X corresponde a la cantidad de animales grandes y/o pequeños (Escaso, Común, Abundantes), mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando la cantidad de animales grandes y/o pequeños es *Abundante*, y 0 de mala calidad, si la cantidad de animales es *Escasa*.



*Figura 1.12.* Animales Silvestres

### *Ejemplo*

*Datos de la línea base. ANFIBIOS Y REPTILES:* En el proyecto hidroeléctrico CCS la información se restringe a cinco evaluaciones rápidas realizadas en los años 1992, 2009 y 2013, los sitios de muestreo cubren una banda altitudinal entre los 600 y 1800 m. Esta información ha permitido registrar 79 especies, 52 anfibios y 27 reptiles. El 38% son especies endémicas y

el 10% corresponde a las tazas amenazadas de extinción. La tendencia de incremento de especies indica que la riqueza podría aumentar entre un 26% y 33%, es decir, se podrían registrar hasta 118 especies. Los valores totales de riqueza de la *herpetofauna* sugieren que es la zona más diversa de la cuenca alta del Río Napo. Las ranas terrestres del género *Pristimantis* es el grupo más diverso y abundante en los bosques montanos del área del proyecto hidroeléctrico CCS. Además, las cabeceras de la subcuenca del Río Coca y sus afluentes se concentran el 85% de la diversidad de ranas *Centrolénidas* de los bosques de Neblina y bosques Montano Bajos del Ecuador. Los bosques nativos de toda la zona de influencia, son fundamentalmente importantes para el mantenimiento de las comunidades de anfibios y reptiles en la región, ya que integran comunidades de transición entre los bosques húmedos tropicales de tierras bajas y las áreas sub-tropicales.

**ICTIOFAUNA:** La información se restringe a cuatro evaluaciones rápidas realizadas en los años 1992, 2001 y 2009, en sitios de muestreo cubren una banda altitudinal entre los 600 y 1800 metros de altitud. Esta información ha permitido registrar 21 especies correspondientes a 17 géneros, 11 familias y tres órdenes; lo cual representa el 2% de la *ictiofauna* registrada en el país y el 29% para la zona ictiohidrográfica, Napo-Pastaza. Debido a su importancia ecológica se resalta a las especies de la familia *Astroblepidae*, que sólo habitan a lo largo de los Andes. Existen poblaciones de especies grandes como el bocachico (*Prochilodus nigricans*), usada en el consumo humano. La conservación de los afluentes del río Coca y su entorno asegurará el mantenimiento del caudal, así como las poblaciones de peces y las complejas interrelaciones entre los ecosistemas terrestres y acuáticos.

**AVIFAUNA:** Se presenta los resultados de los estudios realizados en los años 2009, 2011 y 2013, en los sitios denominados, Obra de Captación, Acceso a Ventana 2, la vía de acceso al Embalse Compensador, y la vía de acceso a Casa de Máquinas. Estas localidades cubren un rango altitudinal que va desde 640 a 1300 m. Se registraron 263 especies de aves de las 382 especies posibles. Poblaciones de aves de caza como las Pavas (*Cracidae*), especialmente la Pava Ala de Hoz (*Chamaepetes goudotti*), la Pava Silbosa Común (*Pipile pipile*), la Pava Carunculada (*Aburria aburri*), la Pava de Spix (*Penelope jacquacu*), y el Pavón de Salvini (*Mitu salvini*); y Perdíces (*Tinamidae*) de los géneros *Tinamus* y *Crypturellus*. Poblaciones de guacamayos, loros y pericos (*Ara spp.*, *Amazona spp.*, *Pionus spp.*, *Pyrrhura* y *Aratinga*), especialmente el Guacamayo Militar (*Ara militaris*), mientras poblaciones de Gavilanes y

Halcones, especialmente el Águila Harpía (*Harpia harpyja*) especie en riesgo de extinción a nivel mundial.

**MAMÍFEROS:** La información obtenida a través de las evaluaciones ecológicas rápidas realizadas en los años 1992, 2009 y 2013, permitió registrar un total de 82 especies de mamíferos, agrupadas en 24 familias y 10 órdenes. El 6,1% de especies endémicas y un 3,7% especies en categorías de amenaza. El orden *Chiroptera* fue el más diverso con el 49% del total de especies registradas, la familia *Phyllostomidae* fue el grupo predominante (34 especies). Las especies registradas representan el 57% de la diversidad de mamíferos del Piso Subtropical Oriental, y los quirópteros 24% del total registrado en el Ecuador (164 especies). Especies amenazadas, afectadas por la presión de cacería y fragmentación del hábitat como: Chorongó (*Lagothrix poeppigii*), Jaguar (*Panthera onca*) o Tapir amazónico (*Tapirus terrestris*), entre las especies endémicas restringidas a la región oriental y las estribaciones orientales de los Andes que incluyen al Murciélago longirostro de labio blanco (*Anoura fistulata*), y Comadreja Colombiana (*Mustela felipei*), mientras que las especies que requieren amplias áreas de vida en buen estado de conservación como: Ocelote (*Leopardus pardalis*), Puma (*Puma concolor*), Capuchino (*Cebus albifrons*), Chichico del Napo (*Saguinus graellsii*), Pecarí de labio blanco (*Tayassu pecari*) y Pecarí de collar (*Pecari tajacu*)(COCASINCLAIR, 2013).

- *Sin proyecto*

La calidad estética del componente faunístico hace referencia a mamíferos pequeños abundantes y mamíferos grandes comunes. A partir de la figura N°1.12, se obtiene una calidad ambiental de 0.76.

- *Con proyecto*

La calidad estética del componente faunístico hace referencia a mamíferos pequeños comunes y mamíferos grandes escasos. A partir de la figura N°1.12, se obtiene una calidad ambiental de 0.48.

La pérdida del componente faunístico se verá afectado por el cambio de uso del suelo, la apertura de las vías de acceso, proliferación de infraestructura, permanente conversión del bosque ocasionando la pérdida biológica, ecológica y genética en los ecosistemas, la degradación de los ecosistemas provoca cambios en la estructura y composición original de los bosques, lo que disminuye la calidad del hábitat. Cuando grandes áreas de bosque se convierten

en fragmentos aislados, los efectos sobre las funciones de los ecosistemas son notables, debido al cambio en la composición de las comunidades animales(COCASINCLAIR, 2013).

### ***Diversidad de Tipo de Vegetación***

Para evaluar la calidad ambiental asociada a este parámetro, se emplea la Figura (N° 1.13) donde el eje X está representado por la diversidad del tipo de vegetación (*Tipo 1*: Sin Vegetación, *Tipo 2*: Arbustos Bajos de Pasto Seco, *Tipo 3*: Cultivos Cultivados de Regadío, *Tipo 4*: Árboles), mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que *1* es calidad óptima cuando la diversidad de vegetación es *Tipo 4*, y *0* de mala calidad, si la diversidad de vegetación es *Tipo 1*.

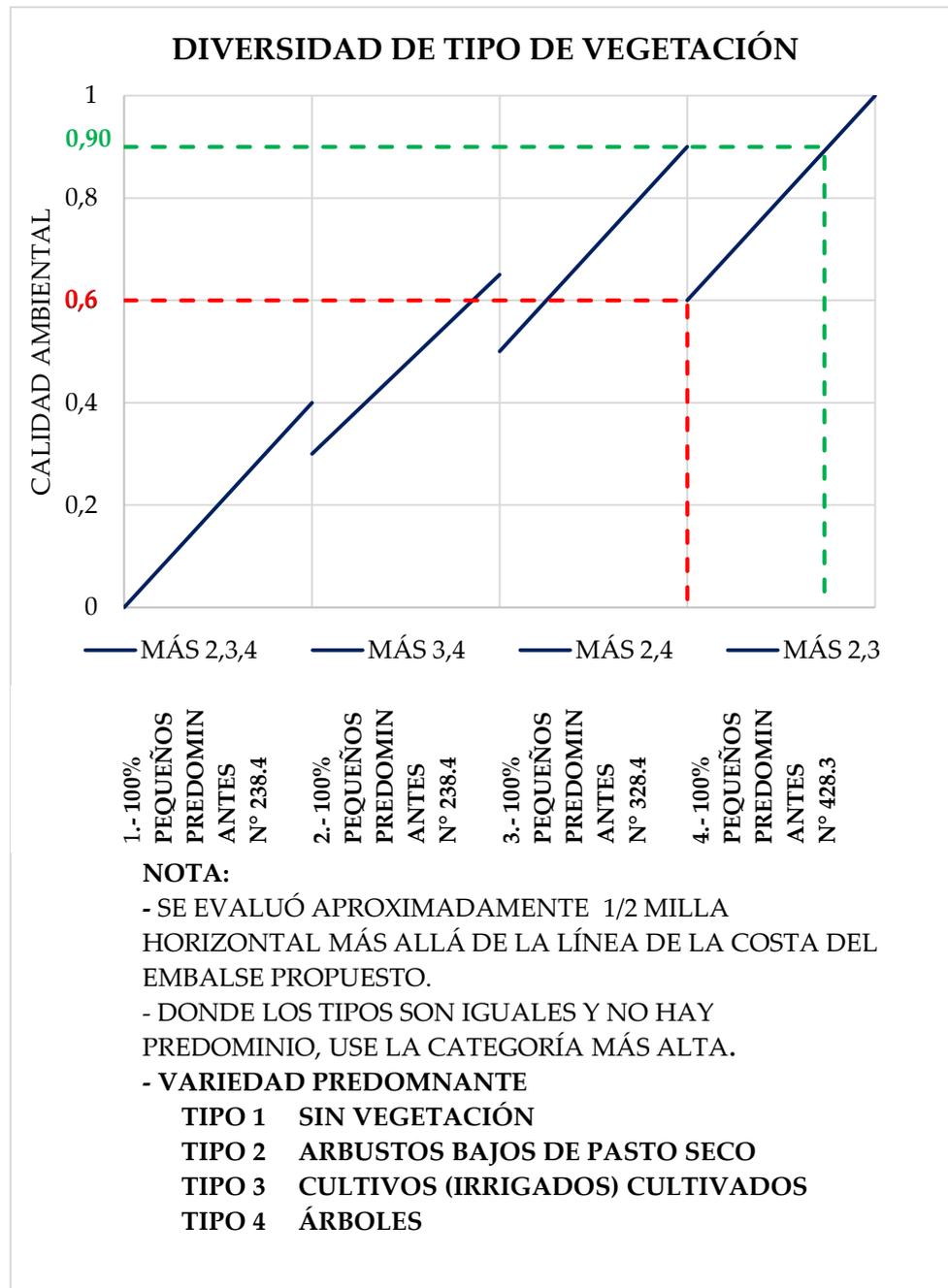


Figura 1.13. Diversidad tipo de vegetación

#### Ejemplo

*Datos de la línea base.* El componente florístico del sitio evaluado en general corresponde a las áreas de 100% bosque natural, 100% pasto cultivado, 50% arboricultura tropical con 50% vegetación arbustiva, 70% bosque intervenido con 30% vegetación arbustiva, 70% pasto cultivado con 30% arboricultura tropical y 70% pasto cultivado con 30% bosque intervenido(COCASINCLAIR S.A, 2019).

- *Sin proyecto*

La calidad estética de la diversidad de los tipos de vegetación es 4. A partir de la figura N°1.13, se obtiene una calidad ambiental de 0.90.

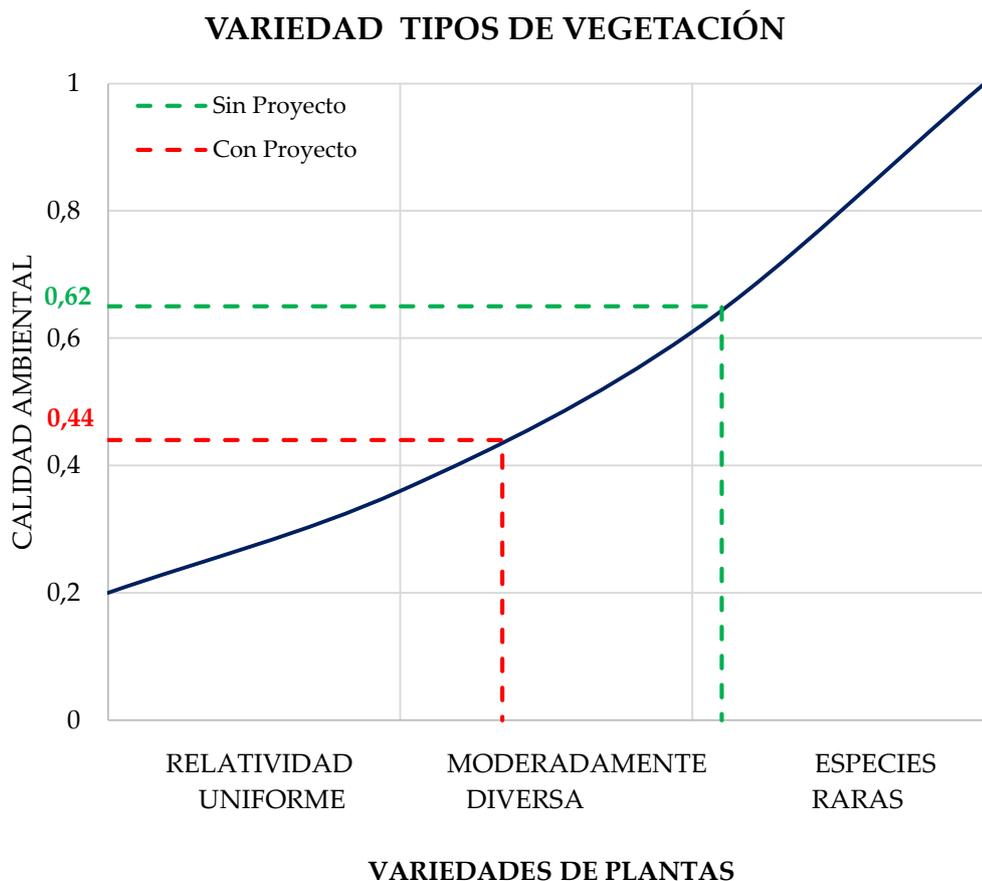
- *Con proyecto*

La calidad estética de la diversidad florística es ligeramente baja que corresponde al tipo de vegetación 4. A partir de la figura N°1.13, se obtiene una calidad ambiental de 0.60.

La valoración proyectada en referencia al (GAD municipal El Chaco, 2014), por especies nativas arbóreas mayores a los 15 metros de altura, esta categoría en el año 2000 mantenía una superficie de 285.046,88 has, hasta el 2008 esta superficie se redujo a 281.021,78 has. Es decir, se deforestó 4025,10 has; el ritmo de deforestación año es el 1,15%, es decir 503,1375 has/año.

#### ***Variedad dentro del Tipo de Vegetación***

Para evaluar la calidad ambiental asociada a este parámetro, se emplea la figura (N° 1.14) donde el eje *X* está representado por la variedad de especies vegetativas (relativamente uniforme, moderadamente diversa, especies raras), mientras el eje *Y*, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que *1* es calidad óptima cuando las especies de plantas son *Especialmente Inusuales o Raras*, y *0* de mala calidad, si las especies de plantas es *Relativamente Uniforme*.



**Figura 1.14.** Variedad de los tipos de vegetación

#### *Ejemplo*

*Datos de la línea base.* Los estudios florísticos, fueron concentrados en el Bosque Siempreverde Piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, en un rango altitudinal de 600 a 1296 m. Se registraron 239 especies de plantas vasculares distribuidos en 126 géneros y 51 familias, y se estima que la riqueza de especies podría llegar a 450. Siete especies (2,9 %) son endémicas de las cuales cuatro tienen un alto riesgo de extinción y que corresponde a la categoría de vulnerable (VU). La estructura y composición florística se caracteriza por encontrarse en una zona de transición entre especies amazónicas y andinas, dominada por las familias *Rubiaceae*, *Fabaceae*, *Moraceae*, *Lauraceae*, *Melastomataceae*, *Meliaceae*, *Malvaceae*, *Urticaceae*, *Burseraceae* y *Myristicaceae*(ENTRIX, 2009).

- *Sin proyecto*

La calidad estética de la variedad de los tipos de vegetación es especies raras. A partir de la figura N°1.14, se obtiene una calidad ambiental de 0.62.

- *Con proyecto*

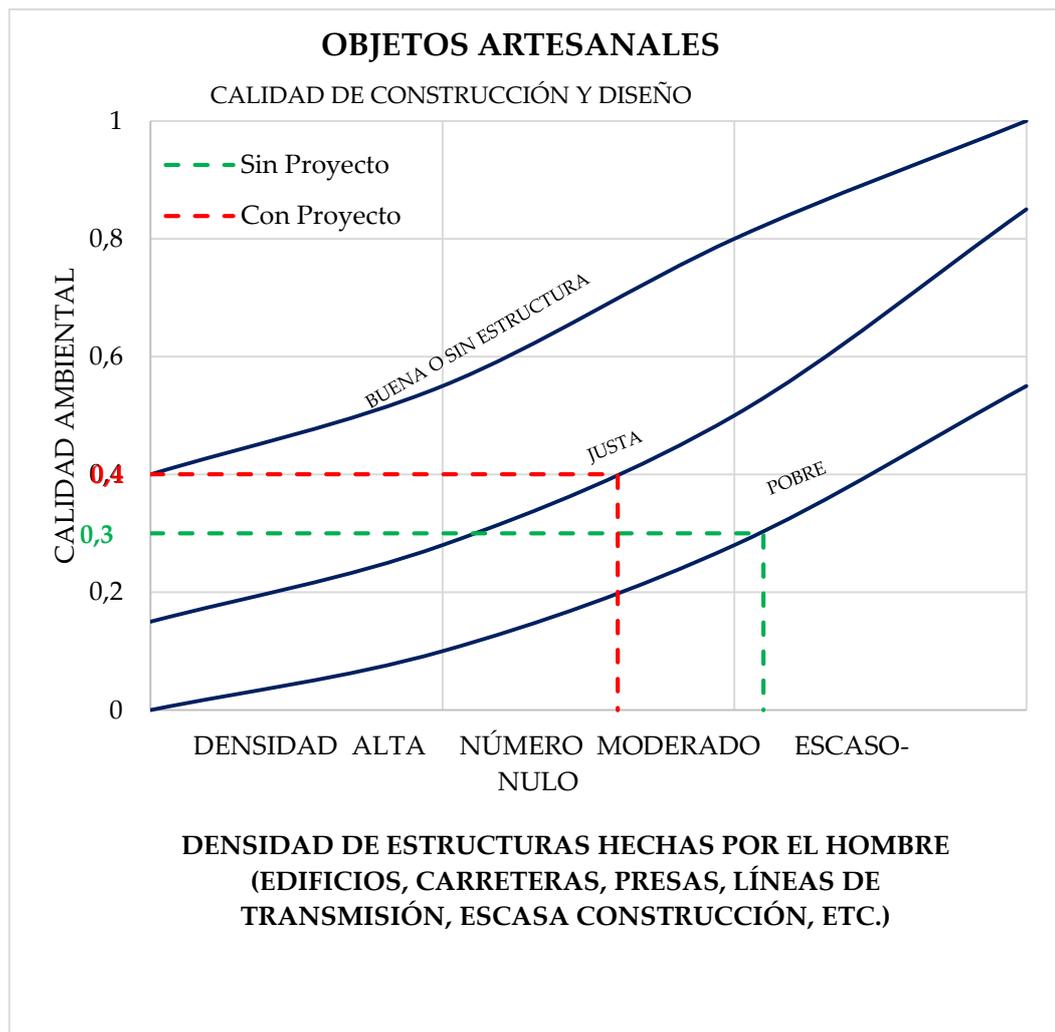
La calidad estética de la variedad de los tipos de vegetación es moderadamente diversa. A partir de la figura N°1.14, se obtiene una calidad ambiental de 0.44.

La calificación proyectada que se presenta en la vegetación arbustiva y herbácea, de acuerdo (GAD municipal El Chaco, 2014), en el año 2000 esta categoría se representaba en 45.243,81 has. mientras que para el 2008, esta superficie bajo a 44.495,99 has con una pérdida de cobertura vegetal de 747,82 has. representa el 0,21% índice que aporte a la razón justificada de deforestación e incremento de las actividades agropecuarias.

## **Objetos Artesanales**

### ***Objetos artesanales***

Para evaluar la calidad ambiental asociada a este parámetro, se emplea la figura (N° 1.15) donde el eje X está representado por la densidad de estructuras hechas por el hombre (Densidad Alta, Moderado, Nulo) mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando densidad de estructuras *Alta*, y 0 de mala calidad, si la densidad de estructuras es *Escasa*.



*Figura 1.15.* Objetos artesanales

### *Ejemplo*

*Datos de la línea base.* Desde el punto de vista de infraestructura, el proyecto no afectará ningún tipo de infraestructura comunitaria, sin embargo, sí afectará a las propiedades (fincas) ubicadas en el trazado de la vía. Por otro lado, las obras de construcción podrían provocar interrupciones temporales en el tránsito de personas, vehículos y animales de carga. De igual manera, el acceso a las fincas puede ser interrumpido (ENTRIX, 2009).

- *Sin proyecto*

La calidad estética de los objetos artesanales acorde a la densidad de estructuras es escaso o nulo- pobre. A partir de la figura N°1.15, se obtiene una calidad ambiental de 0.30.

- *Con proyecto*

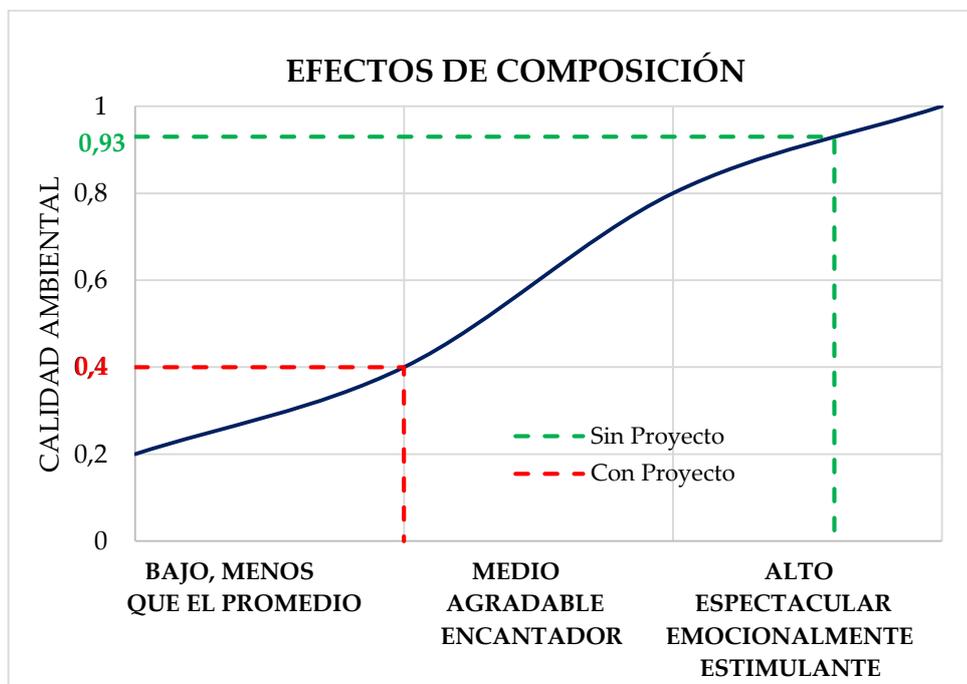
La calidad estética de los objetos artesanales acorde a la densidad de estructuras es moderada -justa. A partir de la figura N°1.15, se obtiene una calidad ambiental de 0.40.

El aumento de la densidad de infraestructuras se basó en el pronóstico, por tal razón no existe un AID definida para el recurso ya que no se genera una alteración alguna; sin embargo, la implementación del proyecto hidroeléctrico CCS, permitirá vías de acceso siendo un factor de impacto positivo para la comunicación entre comunidades.

## Composición

### *Efectos de composición*

Para evaluar la calidad ambiental asociada a este parámetro, se emplea la figura (N° 1.16) donde el eje X está representado por la observación de la imagen total, a la interacción de todos los componentes (Bajo al promedio, Medio o Encantador, Alto o Espectacular) mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando la interacción de todos los componentes es *Alto o Espectacular*, y 0 de mala calidad, si la interacción de todos los componentes es *Baja*.



*Figura 1.16.* Efectos de composición

### *Ejemplo*

*Datos de la línea base.* El paisaje dominante corresponde a estribaciones de montaña orientales, caracterizado por un relieve bastante accidentado, formado por elevaciones empinadas y rocosas, cubierto de una densa vegetación, con altos niveles de precipitación y fuentes de agua que alimentan el principal sistema hidrográfico formado por la cuenca del río Coca(ENTRIX, 2009).

- *Sin proyecto*

El efecto de composición mediante el análisis y evaluación estética paisajísticas es alto, espectacular. A partir de la figura N°1.16, se obtiene una calidad ambiental de 0.93.

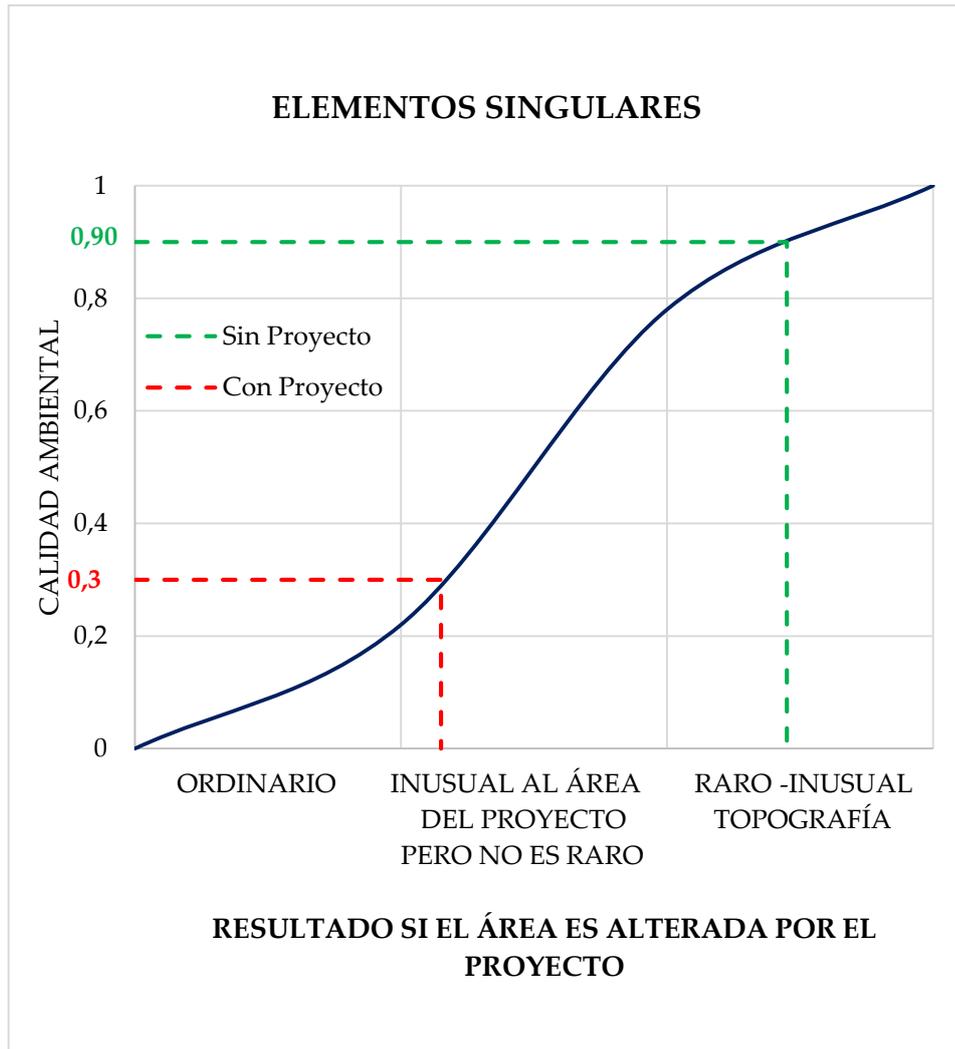
- *Con proyecto*

El efecto de composición mediante el análisis y evaluación estética paisajísticas se encuentra entre bajo- medio agradable A partir de la figura N°1.16, se obtiene una calidad ambiental de 0.40.

El impacto generado en la interacción de todos los componentes se realizó acorde con la metodología propuesta por (Bustamante, 2018), basada en la interpretación de las respuestas del panel de evaluadores especialistas, se los interrogó e infirieron que sí existe una diferencia estética provocada por la central, en especial el caudal del Río Coca y por lo tanto de la Cascada de San Rafael, “Sí hay diferencias estéticas en el paisaje, sobre todo en la reducción del caudal de la cascada y en la deforestación de un corredor por el cual pase el trazado eléctrico, las torres, los cables eléctricos desmejoran totalmente el paisaje, su impacto es negativo y perenne”. También las construcciones de concreto en mitad del río dan otro tipo de paisaje”. Es necesario señalar que en ambos grupos se distinguen diferencias estéticas en el paisaje por el inicio de operaciones de la central, lo que puede producir una “Pérdida de espectacularidad del paisaje”.

### ***Elementos Singulares***

Para evaluar la calidad ambiental asociada a este parámetro, se emplea la figura (N° 1.17) donde el eje X está representado por el resultado del área si es o no alterada por el proyecto (ordinario, inusual al área del proyecto, raro o inusual a la topografía) mientras el eje Y, que determina el índice de CA, en una escala de puntuación 0 a 1, el cual nos indica que 1 es calidad óptima cuando el área no es alterada en el proyecto es *Raro o Inusual*, y 0 de mala calidad, si el área es alterada en el proyecto es *Ordinario*.



*Figura 1.17.* Elementos singulares

*Ejemplo*

*Datos de la línea base.* En este parámetro se hace referencia a La Cascada de San Rafael como un factor singular natural, siendo un elemento vulnerables en el proyecto hidroeléctrico CCS, posee una caída de agua formada por el río Coca en el sector del mismo nombre, por lo cual su estética está relacionada con el caudal de este río y aparentemente tiene su más alto valor con caudales medio-bajos; pues con caudales altos la neblina provocada por la abundancia de agua impide una visión óptima de la cascada(ENTRIX, 2009). Este atractivo natural es uno de los más importantes y representativos de la provincia y cantón se encuentra aproximadamente a una hora con treinta minutos de la cabecera cantonal de El Chaco. La cascada forma una caída de agua del río Quijos-Coca. A más de su paisaje, allí es posible observar gran variedad de aves (frecuentemente al gallito de la peña) y hay una flora con características de bosque amazónico.

- *Sin proyecto*

La calidad estética paisajística de los elementos singulares en el área alterada es rara o topografía inusual. A partir de la figura N°1.17, se obtiene una calidad ambiental de 0.90.

- *Con proyecto*

La calidad estética paisajística de los elementos singulares en el área alterada es inusual al proyecto. A partir de la figura N°1.17, se obtiene una calidad ambiental de 0.30.

El deterioro de la calidad paisajística de este parámetro se basó en (Moreno, 2019) señala que la cascada San Rafael desde que desde que empezó a operar Coca Codo Sinclair, en la época de sequía han tenido bastantes quejas por parte de los visitantes tanto nacionales como extranjeros porque “francamente hemos visto un caudal [en la cascada] que no llegaba ni siquiera a los 20 m<sup>3</sup> /s” (E26 , entrevista, 2016). Menciona que “hay algunos extranjeros que vienen hace 3, 4, años, pero se molestan porque dicen: ¡que venimos a ver!” (E26, entrevista, 2016), refiriéndose a la reducción del tamaño de la cascada (caudal).

### **11.2.1. Interpretación del SEABC**

Las centrales hidráulicas tienen un impacto ambiental considerable, como los embalses se deben construir en la cuenca de un río, afectan el cambio de hábitat, la pérdida de tierra y la emigración para los habitantes. Los embalses y las presas impactan visualmente, inundan las tierras y obligan a situar en otros lugares a los habitantes de los pueblos inundados (Pérez, 2016). La implementación de proyectos hidráulicos origina la contaminación del recurso hídrico por la presencia de materias extrañas, microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales, además de la disminución del régimen hídrico que ocasiona el desequilibrio ecológico en el ambiente. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para usos como riego o consumo humano (Meneses, 2014). De la misma forma se presenta alteraciones en el suelo por el despeje y desbroce, almacenamiento de materiales, vertidos accidentales que ocasionan procesos de erosión y sedimentación, cambios en el relieve provocando modificaciones en la morfología original del paisaje, además surge los cambios en la calidad del aire y la contaminación acústica por el aumento de los niveles sonoros sea por el funcionamiento de las instalaciones y movimiento vehicular (González, 2007), en lo que respecta la biota se presentan transformaciones de flora y la fauna, tanto por la pérdida de vegetación y la disminución de superficie del hábitat, el efecto barrera y fragmentación de

hábitats, muerte o desplazamiento de la fauna terrestre como consecuencia del desbroce del terreno y talas, movimientos de tierra y excavaciones, operación de maquinaria o situaciones accidentales; en lo que se refiere a los objetos artesanales en igual forma la afectación a espacios naturales y zonas de interés humano, por último el transporte de materiales y equipos, las labores de mantenimiento y construcción en general de estos proyectos generan la pérdida de calidad paisajística afectando los elementos de composición (IBERDROLA, 2007).

En la tabla N°3 se aprecia la valorización en el Aspecto Estético, el proyecto hidroeléctrico CCS se basó en los 17 indicadores que propone Battelle – Columbus. La ponderación fue calculada de acuerdo al valor propuesto de Battelle – Columbus para el aspecto Estético 153 puntos. El resultado de la Categoría Estético para el proyecto hidroeléctrico CCS es de 115,22 puntos sin proyecto, 70,36 con proyecto, cambio neto de -44,86 y el 38,93% indicando una señal de alerta roja.

**Tabla N°3.** Valoración del impacto ambiental en el Aspecto Estético.

ESTÉTICO	IMPACTOS AMBIENTALES							
	CALIDAD AMBIENTAL (CA)		UNIDADES DE IMPORTANCIA (UIP)	VALORACIONES DE UNIDAD DE IMPACTO AMBIENTAL(UIA)				
	Sin proyecto	Con proyecto		Sin proyecto	Con proyecto	Cambio neto	Porcentaje (%)	Señales de alerta
			153					
							<30%	
							>30%	
<b>SUELO</b>								
Material geológico superficial	0,76	0,18	6	4,56	1,08	-3,38	76%	
Relieve y carácter topográficos	0,7	0,68	16	11,2	10,88	-0,32	3%	
Extensión y alineaciones	0,71	0,6	10	7,1	6	-1,1	15%	
			32					
<b>AIRE</b>								
Olor y visibilidad	0,56	0,12	3	1,68	0,36	-1,32	79%	

Sonido	0,8	0,08	2	1,6	0,16	-1,44	80%	
			5					
<b>AGUA</b>								
Apariencia del agua	0,29	0,32	10	2,9	3,2	0,3	10%	
Interfase agua- tierra	0,75	0,2	16	12	3,2	-8,8	73%	
Olor y materiales flotantes	0,83	0,13	6	4,98	0,78	-4,2	84%	
Área de la superficie del agua	1	0,73	10	10	7,3	-2,7	27%	
Márgenes geológicas y arboladas	0,91	0,85	10	9,1	8,5	-0,6	7%	
			52					
<b>BIOTA</b>								
Animales domésticos	0,93	0,88	5	4,65	4,4	-0,25	5%	
Animales silvestres	0,76	0,48	5	3,8	2,4	-1,4	37%	
Diversidad de tipos de vegetación	0,9	0,6	9	8,1	5,4	-2,7	33%	
Variedad dentro de los tipos de vegetación	0,62	0,44	5	3,1	2,2	-0,9	29%	
			24					
<b>OBJETOS ARTESANALES</b>								
Objetos artesanales	0,3	0,4	10	3	4	1	33%	

			10					
<b>EFFECTOS DE COMPOSICIÓN</b>								
Efectos de composición	0,93	0,4	15	13,95	6	-7,95	57%	
Elementos singulares	0,9	0,3	15	13,5	4,5	-9	67%	
			30					
<b>TOTAL</b>			<b>153</b>	<b>115,22</b>	<b>70,36</b>	<b>-44,86</b>	<b>38,93%</b>	

La evaluación de calidad ambiental en el Aspecto Estético, se obtiene resultados para sus 6 componentes y 17 parámetros. Se evidencia 8 parámetros que presentan un porcentaje inferior a 30%, es decir la afectación en el área de influencia del proyecto es baja, se colocó una señal de alerta (tonalidad baja), mientras que los parámetros restantes muestran porcentajes mayor o igual al 30%, implicando cambios de carácter adverso, se colocó la señal de alerta (tonalidad alta), como consecuencia de la implementación y ejecución del proyecto Hidroeléctrico CCS genera la disminución de caudal en la cascada San Rafael, además de la presencia de escorias, troncos y algas en la superficie del agua.

### 11.3. Comparación de resultados con otras metodologías

En la actualidad, se han presentado problemas geológicos en la cuenca del río Coca que podrían ser causados, en parte, por la operación de la hidroeléctrica (C. Bernal, 2020), señala que la presencia de CCS es el factor que ha provocado que el río Coca pierda su equilibrio dinámico porque la central retuvo en las obras de captación una cierta cantidad de agua y de sedimentos, que provocó el aumento de la erosión regresiva. Otros problemas ambientales fueron alertados (Chen, 2015), por ejemplo la afectación en el caudal de la cascada de San Rafael, en un estimado del 60%, afectación permanente por procesos morfo-dinámicos activos, y deforestación.

Para analizar desde diferentes perspectivas los probables impactos ambientales de CCS, se utilizó el EsIA de la consultora Eficiencia Energética y Ambiental Cía. Ltda. (EFFICACITAS) y Environmental and Natural Resource Management Consultanst (ENTRIX).

EFFICACITAS identificó y evaluó los impactos ambientales significativos, directos e indirectos, de las fases de construcción, operación, mantenimiento y de retiro de las actividades del proyecto hidroeléctrico, de acuerdo con los requerimientos de la legislación nacional, regional y local existentes. El documento presenta línea base, identificación y evaluación de impactos, análisis de alternativas, análisis de riesgos y plan de manejo ambiental. En la línea base se detalla las categorías y sus respectivos componentes, que pueden afectarse con las ejecuciones de las obras hidráulicas. Dentro del capítulo metodológico, se utilizó la metodología de los Criterios Relevantes Integrados (Buroz, 1998), que propone la elaboración de índices de impacto ambiental para cada impacto identificado en la matriz respectiva, considerando inicialmente la calificación de siete variables que incidirán en la valoración final del índice ambiental del impacto analizado. Estas variables son: Carácter del Impacto (Signo), Intensidad del Impacto, Extensión o Influencia Espacial del Impacto, Duración del IA, Magnitud del IA, Reversibilidad, Riesgo o probabilidad del suceso. Con respecto a ENTRIX, su objetivo fue predecir, identificar y valorar los impactos ciertos y probables derivados de la ejecución del proyecto. El documento presenta descripción de línea base, identificación y evaluación de impactos área de influencia y áreas sensibles, identificación y evaluación de impactos ambientales, análisis de riesgos, plan de nivelación ambiental, plan de manejo ambiental y programa de monitoreo, control y seguimiento ambiental. En la línea base se detalla las categorías y sus respectivos componentes, que pueden afectarse con las ejecuciones de las obras hidráulicas. Dentro del capítulo metodológico, se detalla la metodología para la evaluación de los impactos potenciales, se utilizó una matriz causa-efecto, donde se escogieron los factores ambientales más importantes dentro del área del proyecto, y las actividades que generan o podrían generar impactos a los factores analizados.

La metodología BC, incluye en su lista de evaluación, parámetros que para otros métodos son irrelevantes, es así que podemos tener una visión más amplia de los impactos, no solo ambientales sino también social-económico y estético. BC juega un papel importante a la hora de comparar entre qué metodología proporciona una visión más completa de los impactos ocasionados por diferentes proyectos u obras de orden hídrico.

## **11.4. Discusión de resultados**

### **Categoría Contaminación Ambiental**

Las metodologías de los EsIAs aplicadas para la evaluación de la categoría Contaminación Ambiental, en su componente de recurso hídrico menciona que en las diferentes etapas del Proyecto Hidroeléctrico CCS, las actividades de los mismos podrían afectar la calidad del agua superficial, especialmente en los parámetros de sólidos en suspensión debido al movimiento de tierra en el área del proyecto y sus alrededores en un rango que se consideran de mediana significancia a baja significancia EFFICACITAS, (2009). Por otro lado, la aplicación de la metodología BC, establece que efectivamente se producirán tales impactos y agrega tres parámetros puntuales de alerta mayor, la concentración de fosfato inorgánico se incrementa con la actividad humana asociada al proyecto. El embalse de captación de CCS, condiciona el parámetro temperatura, del agua que circula por un tramo de río situado inmediatamente aguas abajo de la presa. Ya que a la salida del embalse la temperatura del agua es significativamente inferior a la que tendría en esa misma zona de río en el supuesto de que no existiera el embalse. La turbidez aumenta significativamente con la construcción y operación de la hidroeléctrica, debido a la retención del agua en el cauce del río.

El proyecto hidroeléctrico CCS, establece que, todas las actividades de la etapa constructiva y en menor magnitud en la etapa de operación, generan impactos sobre la calidad del aire. En la metodología utilizada en los EsIAs, se establece de manera general la evaluación de los componentes ante la magnitud del impacto esperado, el mismo se evalúa como negativo y de baja significancia, que básicamente podría ser por la emisión de gases de combustión por el uso de maquinaria, equipo de transporte o generadores eléctricos en los campamentos, planta de hormigón y por el aumento de emisiones fugitivas de polvo en la movilización del personal, maquinaria, desbroce de vegetación, movimiento de tierras. Estos impactos son de carácter negativo, localizados y de intensidad media a baja, a excepción de las actividades en la planta de hormigón que podría generar un impacto de alta intensidad si no se toman en cuenta medidas adecuadas ENTRIX, (2009). Mientras que la metodología BC, concuerda con los EsIAs y adicionalmente establece de manera específica para la categoría contaminación atmosférica, cada uno de sus parámetros, detallando que el parámetro de material particulado posee una mayor señal de alerta y por ende su baja calidad ambiental que se debe, a la planta de hormigón y actividades de perforación. Se determinó que la disminución de la calidad ambiental del parámetro oxidantes fotoquímicos, se debe al tráfico vehicular ya que en esta parte del área en

estudio existan emisiones vehiculares, las mismas que dependerán del tráfico vehicular en zona. Otras fuentes de emisión en el área están constituidas por motores de combustión interna estáticos, requeridos en la estación de bombeo El Salado de Petroecuador. Así también se mencionan la presencia de actividades de extracción y producción de materiales de construcción.

En el componente contaminación del suelo, las diferentes actividades en las etapas de construcción y operación de la hidroeléctrica, tienen el potencial de generar un impacto negativo significativo porque se altera directamente la superficie del terreno, ya que se modifica la cobertura vegetal y se tiene operación de maquinaria pesada (EFFICACITAS, 2009). Mientras que la metodología utilizada en el presente estudio, detalla que se podría establecer dichos impactos, pero en una señal de alerta más alta, específicamente el parámetro erosión del suelo, dado que la construcción de la hidroeléctrica y estructuras complementarias modifica el uso del suelo en zona del reservorio y altera la hidrodinámica del río tanto superficial como subterránea.

La metodología establecida en el proyecto hidroeléctrico CCS, para el componente contaminación por ruido, definen que serán incrementados (de molesto a doloroso) principalmente en la etapa de construcción: El impacto se considera negativo y de mediana significancia, dado el estado de bosque poco intervenido en las inmediaciones del campamento principal del proyecto (EFFICACITAS, 2009). De forma similar, mediante la metodología BC, indica que el parámetro ruido, con una variación de aceptable a molesto, con un cambio neto por debajo de la señal de alerta, por lo que los efectos no producen una perturbación mayor en zona el proyecto. Las principales fuentes de contaminación acústica son las casas de máquinas, la operación de maquinaria, equipos, involucrados en las diferentes etapas del proyecto.

### **Aspecto Estético**

Las metodologías de los EsIAs aplicadas para la evaluación del aspecto Estético, menciona que en las diferentes etapas del Proyecto Hidroeléctrico CCS, la metodología BC nos da una visión global para la evaluación de impactos ambientales, es decir al ser una matriz compleja nos permite obtener una percepción visual de todos los parámetros que podrían ser afectados en la ejecución de obras o proyectos.

Con respecto al Aspecto Estético, el componente Suelo de acuerdo a la evaluación realizado por (EFFICACITAS, 2009) menciona, que este parámetro estima alteraciones en las

propiedades mecánicas del suelo, de acuerdo BC se determinó que dentro del componente suelo el parámetro Material Geológico Superficial tiene una señal de alerta roja como consecuencia de la inestabilidad por su material de composición.

Al no contar con un programa de monitoreo de la calidad del aire, la afectación se verá involucrado por tráfico de vías y los motores de combustión interna; mientras la variabilidad del sonido se verá implicado por la construcción y la ejecución del proyecto, que acallará los sonidos tanto la fauna y con influencia directa del ruido ocasionado por el río Coca.

En base a (EFFICACITAS, 2009), menciona que el impacto ambiental la calidad de aguas es medianamente significativa, produciéndose alteraciones de índole físico-químico y biológico; mediante el presente estudio, se obtiene señales de alerta en la interface agua-tierra, olores y materiales flotantes, se estima la reducción del caudal del río aguas abajo y la interrupción de las conexiones ecológicas en los sistemas acuáticos.

De acuerdo a (EFFICACITAS, 2009) en el componente Biota, el parámetro animales silvestres ha sido valorado como un impacto de baja Significancia; sin embargo, empleando la metodología se estima una señal de alerta roja por el incremento de la migración de las especies y siendo víctimas de muerte. De la misma forma sucede con la diversidad de vegetación ya que contiene una amplia diversidad de especies en un bosque natural poco intervenido, en el PMA establecieron franjas de protección a ambos lados de los cursos de agua permanente y estacionales, con anchos variables entre 20 y 100 m según la fragilidad del terreno adyacente, el impacto ambiental coincide con la metodología propuesta, considerando como un impacto negativo y altamente significativo, como consecuencia de la pérdida vegetal.

La evaluación de impactos por eficacitas es negativo y moderado al PAISAJE, mientras que BC estima una variación significativa en el caudal de la cascada de San Rafael, siendo notoria la alteración del paisaje natural en ésta área de interés turístico.

### **13. IMPACTOS**

En Ecuador hasta el momento no se ha elaborado un EsIA con una metodología de visión compleja que abarque todos los parámetros ambientales tal y como se propone en la metodología Battelle Columbus.

La presente investigación pretende aportar en su totalidad la comprensión de la metodología Battelle Columbus, beneficiando al sistema académico y profesionales en el área ambiental, a

través de una guía metodológica cuantitativa y cualitativa de los componentes ambientales, facilitando la planeación, ejecución del manejo ambiental y posibilitando con la disminución de los efectos negativos de los proyectos hidráulicos.

La metodología BC beneficiará al sistema académico y profesionales en el área ambiental, además se podrá aplicar en obras hidráulicas como los reservorios de las comunidades tanto para juntas de agua potable y juntas de riego.

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **12.1. Conclusiones**

La metodología BC, incluye una visión más amplia de los impactos, no solo ambientales sino también social-económico y estético.

Se estableció que la metodología BC, encuentra a la categoría contaminación ambiental, con impactos de intensidad alta a media, del proyecto hidroeléctrico CCS. Específicamente dentro de sus componentes contaminación del agua y contaminación atmosférica debido a que, con la construcción y operación de la hidroeléctrica, se tendrá presencia de sedimentos en el agua y material particulado en el aire y para ello se establecieron señales de alerta

La metodología BC permitió obtener desde el punto de vista de calidad y estética visual del paisaje, resultados del tipo de degradación paisajística principalmente en el recurso hídrico, identificando los agentes contaminantes en las partes bajas de la microcuenca, Por otro lado, la flora y fauna presenta un impacto ambiental negativo y altamente significativo, evidenciando perdida la diversidad de especies florísticas y migración de animales silvestres, siendo vulnerables a la acción humana. Finalmente, la percepción visual paisajística en la disminución del caudal de la cascada san Rafael con un impacto ambiental negativo y altamente significativo.

### **12.2. Recomendaciones**

Se recomienda el desarrollo de EIA, en los cuales se pueda determinar la Vulnerabilidad Ambiental a través de la aplicación de la metodología Battelle Columbus, a una escala nacional para posteriores proyectos aprovechamiento del recurso hídrico en Ecuador, debido a las consecuencias negativas que se pueden observar en la actualidad por no tomar en cuenta todos los parámetros ambientales que dichos proyectos requieren ser evaluados.

Implementar el método propuesto en los Estudios de Impacto ambiental, para mejorar la subjetividad de grupos evaluadores en el análisis de los componentes principales para la valoración de la calidad paisajística.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, A. (2012). Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur [Sciences de la Terre., Université de Grenoble]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00870332/document>
- Alvarado, J., Ordoñez, D., & Durazno, A. (2017). Impactos ambientales relacionados a grandes centrales hidroeléctricas. [https://www.academia.edu/14720359/Impactos\\_ambientales\\_relacionados\\_a\\_grandes\\_centrales\\_hidroel%C3%A9ctricas](https://www.academia.edu/14720359/Impactos_ambientales_relacionados_a_grandes_centrales_hidroel%C3%A9ctricas)
- Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Delgado Pérez, L., Acebo Figueroa, F., de Armas Mestre, J., & Rivero Llop, M. L. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 640–649.
- Ambientum. (2019). Los contaminantes atmosféricos—Enciclopedia Medioambiental. Ambientum Portal del Medioambiente. <https://www.ambientum.com/>
- ANDES PETROLEUM ECUADOR LTD. (2019). Estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental para la fase de desarrollo y producción de los campos del sector occidental del bloque Tarapoa.
- Arroyo, S. C.-P. (2007). Valoración de impactos ambientales. 22.
- Baron, J. S., Poff, N. L., Angermeier, P. L., Dahm, C. N., Gleick, P. H., & Hairston, N. (2002). “Meeting ecological and societal needs for freshwater”. *Ecological Applications*: 12: 1247-1260.
- Bernal, C. (2020). Erosión de la cascada San Rafael rompe oleoductos y contamina el río Coca. *Noticias Ambientales*.
- Bernal, I. (2015). Ecuador: Comunidad amazónica denuncia escasez de peces y culpa a la mayor hidroeléctrica construida en el país. [https://es.mongabay.com/2017/06/hidroelectricas-pueblos\\_indigenas-conflictos-rios-ecuador/](https://es.mongabay.com/2017/06/hidroelectricas-pueblos_indigenas-conflictos-rios-ecuador/)
- Buroz. (1998). La gestión ambiental: Marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental. Fundación Polar.
- Bustamante, M. (2018). “Percepción del Impacto sobre el turismo, provocado por el inicio de operaciones de la central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair. Caso de estudio Cantón el

- Chaco (Cascada San Rafael)” [Disertación previa a la obtención del título de ingeniería en ecoturismo y guía de turismo nacional, pontificia universidad católica del ecuador facultad de ciencias humanas escuela de hotelería y turismo, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Ciencias Humanas Escuela de Hotelería Y Turismo]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15582/Percepci%C3%B3n%20del%20impacto%20sobre%20le%20turismo%2C%20provocado%20por%20el%20inicio%20de%20operaciones%20de%20la%20Central%20Hidroel%C3%A9ctrica%20Coca%20Codo%20Sinclair.%20Caso%20de%20estudio%20cant%C3%B3n%20El%20Chaco%20%28cascada%20de%20San%20Rafael%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, M. (2013). 3.2 método battelle columbus [Educación]. <https://es.slideshare.net/elambientesano/32-mtodo-battelle-columbus>
- CELEC, Manduriacu. (2016). Corporación Eléctrica del Ecuador. 2015. Central Hidroeléctrica Manduriacu. Entrevista a E47, jefe de operaciones CELEC Manduriacu, 17 de agosto de 2016 [Interview]. <https://www.celec.gob.ec/cocacodosinclair/index.php/2015-09-07-17-45-09/footers/manduriacu>.
- Chapra, S. C. (2008). Surface water-quality modeling (Reissued). Waveland Press.
- Chen, Y. (2015). Impacto socioeconómico del proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair, construido por la empresa china Sinohydro, para la economía ecuatoriana.
- COCASINCLAIR. (2013). Flora y Fauna representativas de los bosques piemontano y montano bajo del proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair. Publicación Técnico-Divulgativa de la Empresa Pública Estratégica Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair. [http://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2019/02/FLORA\\_Y\\_FAUNA\\_BOSQUES\\_PIAMONTANO\\_COCA%20CODOSINCLAIR.pdf](http://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2019/02/FLORA_Y_FAUNA_BOSQUES_PIAMONTANO_COCA%20CODOSINCLAIR.pdf)
- COCASINCLAIR S.A. (2019). Estudio de Impacto Ambiental Definitivo Proyecto Coca Codo Sinclair Mapa uso de Suelo [Mapa de Uso de Suelo]. C:\GIS COCACODO\WGS84\LAYOUT\8 MAPA USO DE SUELO.mxd.
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). COA.pdf.
- Cuya, O. (2014). Ecología, Gestión Ambiental y Evaluación de impacto ambiental [Investigativa]. <http://blog.pucp.edu.pe/blog/alessandra/2014/09/11/impacto-ambiental-m-todos-cuantitativos-ndice-de-calidad-ambiental-m-todo-de-batelle/>

- Dee, N., Baker, J., Drobny, N., Duke, K., Whitman, I., & Fahringer, D. (1973). An environmental evaluation system for water resource planning. *Water Resources Research*, 9(3), 11–40, 523–535. <https://doi.org/10.1029/WR009i003p00523>
- Dellavedova, G. (2010). Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental. <http://blogs.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-N%25C2%25BA-17-Gu%25C3%25ADa-metodol%25C3%25B3gica-para-la-elaboraci%25C3%25B3n-de-una-EIA.pdf>
- E26 , entrevista. (2016). Entrevista a E46, especialista de gestión socio ambiental CELEC Manduriacu, 17 de agosto de 2016 [Interview]. <https://www.celec.gob.ec/cocacodosinclair/index.php/2015-09-07-17-45-09/footers/manduriacu>.
- EFFICACITAS. (2009). Estudio de Impacto Ambiental Definitivo, Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair.
- ENTRIX. (2009). Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair Construcción de la Vía De Acceso a la Casa de Máquina. [https://www.academia.edu/30753873/PROYECTO\\_HIDROEL%25C3%2589CTRICO\\_COCA\\_CODO\\_SINCLAIR\\_E\\_ES\\_ST\\_TU\\_UD\\_DI\\_IO\\_O\\_D\\_DE\\_E\\_I\\_IM\\_MP\\_PA\\_AC\\_CT\\_TO\\_O\\_A\\_AM\\_MB\\_BI\\_IE\\_EN\\_NT\\_TA\\_AL\\_L\\_Y\\_Y\\_P\\_PL\\_LA\\_AN\\_N\\_D\\_D\\_E\\_E\\_M\\_MA\\_AN\\_NE\\_EJ\\_JO\\_O\\_B\\_BO\\_OR\\_RR\\_RA\\_AD\\_DO\\_OR\\_R](https://www.academia.edu/30753873/PROYECTO_HIDROEL%25C3%2589CTRICO_COCA_CODO_SINCLAIR_E_ES_ST_TU_UD_DI_IO_O_D_DE_E_I_IM_MP_PA_AC_CT_TO_O_A_AM_MB_BI_IE_EN_NT_TA_AL_L_Y_Y_P_PL_LA_AN_N_D_D_E_E_M_MA_AN_NE_EJ_JO_O_B_BO_OR_RR_RA_AD_DO_OR_R)
- ENTRIX,. (2014). Estudio de Impacto Ambiental Expost y Plan de Manejo Ambiental para la Explotación de Materiales de Construcción en el area de Préstamo: Coca Codo XI. <https://maenapo.files.wordpress.com/2015/01/esia-mina-xi-borrador.pdf>
- Espinoza, G. (2002). Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. <http://www.ced.cl/ced/wp-content/uploads/2009/03/gestion-y-fundamentos-de-eia.pdf>
- Eugenio, N. R., McLaughlin, M., de Adelaida, U., Pennock, D., Pierzynski, G. M., Montanarella, L., Steffensen, J. C., Bazza, Z., Vargas, R., Ünlü, K., Kohlschmid, E., Perminova, O., Tagliati, E., Ugarte, O. M., Khan, A., Pennock, L., Sala, M., Verbeke, I., & Stanco, G. (n.d.). La contaminación del suelo: Una realidad oculta. 144.
- FAO. (2018, May). La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>

- FAO. (2019). Detengamos la erosión del suelo para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro | FAO Stories | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1193735/>
- GAD municipal El Chaco. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón El Chaco. <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-CANTON-EL-CHACO-2014-2019.pdf>
- Gallardo , P. (2013). Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto: Construcción, Funcionamiento Y Operación De La Estación De Bombeo Pradera, Línea De Impulsión Y Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales-Subsistema Sur las Esclusas. <https://www.eib.org/attachments/registers/56817909.pdf>
- Garmendia, A, Salvador, A, Crespo, C, & Garmendia, L. (2005). Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid: Pearson Educación, S.A. PEARSON-PRENTICE HALL. <https://sociologiaambientalvcm.files.wordpress.com/2014/07/evaluacion-de-impacto-ambiental-garmendia.pdf>
- Gomez Villarino, & Gomez Orea. (2013). Evaluación de impacto ambiental (Mundi-Prensa Libros).
- Gonzáles. (2007). Estudio sobre el impacto social, económico y ambiental de pequeñas centrales hidroeléctricas implantadas en comunidades rurales de La Paz, Bolivia [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES]. <http://www.upv.es/upl/U0566473.pdf>
- González, R., Anzúlez, A., Vera, A., & Riera, L. (1991). Manual de pastos tropicales para la Amazonia Ecuatoriana. [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD\\_upload/nutriciondebovinos\\_com\\_ar/Archivos/manual-pastos-tropicales-rae\\_www.pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/manual-pastos-tropicales-rae_www.pdf)
- Goyal, S. K., & Deshpande, V. A. (2001). Comparison of weight assignment procedures in evaluation of environmental impacts. *Environmental Impact Assessment Review*, 21(6), 553–563. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(01\)00086-5](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(01)00086-5)
- IBERDROLA (Ed.). (2007). Estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica San Pedro II, provincia de Ourense. [https://www.eib.org/attachments/pipeline/20090168\\_eia\\_es.pdf](https://www.eib.org/attachments/pipeline/20090168_eia_es.pdf)

- Jiménez, S & Ternues, F. (2019). Nexa agua – energía: Análisis del flujo hídrico del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/ing/n21/1390-650X-ing-21-00053.pdf>
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- López, V. (2011). Crisis del sector eléctrico, política energética y proyecto CCS. 10.
- MAEC. (2015). MINISTERIO DEL AMBIENTE Dirección Provincial Cotopaxi. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Directorio-de-la-Instituci%C3%B3n-Actualizado.pdf>
- Maldonado, V. G. M. (2008). Implementación del mercado del carbono en el desarrollo de centrales hidroeléctricas de pequeña escala en Ecuador. 240.
- Manrique, D., Guerrero, O., & Méndez, H. (2016). EIA: Método Batelle PHQ.
- Martín, M. (2019). Métodos de Valoración de Impactos Ambientales. Cursos de Ingeniería, Medio Ambiente y Calidad. <http://eimaformacion.com/metodos-de-valoracion-de-impactos-ambientales/>
- Meneses, J. (2014). Evaluación de las características bióticas y abióticas de la microcuenca del río Cuasmal con énfasis en la calidad y cantidad del recurso hídrico para determinar los niveles de aprovechamiento. 49, 107, 113,121,124,125,126,127.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Valoración Económica del Aporte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas a la Nueva Matriz Energética del Ecuador: Sector Hidroeléctrico. [file:///F:/MARIBEL/Downloads/SNAP%20HIDROELECTRICAS%20WEB%20\(1\).pdf](file:///F:/MARIBEL/Downloads/SNAP%20HIDROELECTRICAS%20WEB%20(1).pdf)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2020). Sistema Único de Información Ambiental. <http://suia.ambiente.gob.ec/gl/documentos>
- Miranda. (2019, February 25). Coca Codo Sinclair: Los problemas de la multimillonaria represa que China construyó en Ecuador. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-47144338>
- Moreno, M. (2019). Caudales ambientales como herramienta para la gobernanza hídrica: Limitaciones discursivas y debates para su aplicación en la actividad hidroeléctrica del país [Tesis de Grado, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO

- Ecuador Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio Convocatoria 2014-2016].  
file:///F:/MARIBEL/Downloads/TFLACSO-2019MCMR%20(1).pdf
- MTETDE. (2018). Óxidos de Nitrógeno. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidos-nitrogeno.aspx>
- OIT. (2019). ¿En qué consiste la evaluación de impacto con métodos cualitativos? Oficina Internacional Del Trabajo, CINTERFOR. <https://guia.oitcinterfor.org/como-evaluar/en-que-consiste-evaluacion-impacto>
- ONU-DAES. (2005). Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida 2005-2015”. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/>
- Ortiz, F. (2016). Los Recursos Hídricos y su aportación a las energías renovables. El Caso de los ríos transfronterizos españoles. Revista Científica Monfragüe Resiliente., VII(1). <https://www.eweb.unex.es/eweb/monfragueresiliente/numero13/Art1.pdf>
- Ortiz, & Salinas, S. (2015). Elaboración de un plan de manejo ambiental para el transporte marítimo eléctrico modalidad taxi en Puerto Ayora, Isla Santa Cruz—Galápagos.
- OSMAN. (2018). Oxidantes fotoquímicos. Oxidantes Fotoquímicos. <http://www.osman.es/>
- Paz, A. (2020). ¿Por qué desapareció de repente la cascada más alta de Ecuador? Diálogo Chino. <https://dialogochino.net/es/infraestructura-es/33765-por-que-desaparecio-de-repente-la-cascada-mas-alta-de-ecuador/>
- PDYOT. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial COTOPAXI. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000110001\\_FINAL-PDYOT-COTOPAXI-2015\\_17-08-2015\\_18-17-17.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000110001_FINAL-PDYOT-COTOPAXI-2015_17-08-2015_18-17-17.pdf)
- Perevochtchikova,. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. 30.
- Pérez. (2016). Valoración de Servicios Ecosistémicos Hídricos en la Generación de Energía Hidroeléctrica en el Cantón Cotacachi [Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniería en Economía, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6471/1/02%20IEF%20159%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Pinto, S. (2012). Valoración de Impactos Ambientales. [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf)

- Poff, N. L., Richter, B., Arthington, A., Bunn, S., Naiman, R., & Kendy, E. (2010). "The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): A new framework for developing regional". *Freshwater Biology*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02204.x>
- PROBIDES. (2001). Herramientas para la Gestión Ambiental. [https://archivosdiversos.weebly.com/uploads/2/1/7/6/21760126/dt42\\_\\_o\\_.pdf](https://archivosdiversos.weebly.com/uploads/2/1/7/6/21760126/dt42__o_.pdf)
- Ramos-Ortega, L. M., Vidal, L. A., Vilardy, S., & Saavedra-Díaz, L. (n.d.). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA (COLIFORMES TOTALES Y FECALES) EN LA BAHÍA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO. 12.
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.
- Riaño, J. (2017). Valoración económica del Atributo Ambiental que provee el agua subterránea en la localidad de Puente Aranda [Universidad Distrital Francisco José De Córdas Facultad De Medio Ambiente Y Recursos Naturales Administración Ambiental]. [http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7532/1/Ria% c3% b1oAcostaJohnEferon2018.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7532/1/Ria%c3%b1oAcostaJohnEferon2018.pdf)
- Róman, Y. (2016). Sistema Ambiental Universitario Modelo Integrado de gestión para la inclusión de la dimensión ambiental y urbana en la Educación Superior (Primera). DIGIPRINT. <https://books.google.com.ec/books?id=4yVaDwAAQBAJ&pg=PA229&lpg=PA229&dq=metodo+delphi+y+metodo+batelle+relacio+n&source=bl&ots=oZCWc3WFkK&sig=ACfU3U2L8vJkqdfmk0WuZ5-ibvFwaWR3CA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjHpeTCn57pAhXomuAKHRDICbs4ChDoATAEegQIChAB#v=onepage&q=metodo%20delphi%20y%20metodo%20batelle%20relacio%20n&f=false>
- RRHHDigital. (2019). Los beneficios de la integración de la naturaleza en las empresas: Mejora el bienestar y reduce el estrés y el absentismo. RRHHDigital. [http://www.rrhhdigital.com/secciones/salud-y-empresa/138383/Los-beneficios-de-la-integracion-de-la-naturaleza-en-las-empresas-mejora-el-bienestar-y-reduce-el-estres-y-el-absentismo?target=\\_self](http://www.rrhhdigital.com/secciones/salud-y-empresa/138383/Los-beneficios-de-la-integracion-de-la-naturaleza-en-las-empresas-mejora-el-bienestar-y-reduce-el-estres-y-el-absentismo?target=_self)
- Sardiñas, O., Chiroles, S., Fernández, M., & Pérez, A. (n.d.). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao. Retrieved May 10, 2020, from <http://salud->

- publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51015aa031684\_Hig.Sanid.Ambient.6.202-206(2006).pdf
- Secretaria Ambiente DMQ. (2017). Contaminantes\_aire\_efec\_salud.pdf. [http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitor\\_eo/informacion/contaminantes\\_aire\\_efec\\_salud.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitor_eo/informacion/contaminantes_aire_efec_salud.pdf)
- Symonds, Rose, Bluth, and Gerlach. (1994). Volcanic-gas studies: Methods, results, and applications in Carroll, M.R., and Holloway, J.R., editors, 1994, Volatiles in magmas: Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy (Vol. 30). <http://www.minsocam.org/msa/RIM/rim30.html>
- Toro, J., Martelo, C., & Martínez, L. (2016). Metodología para la Evaluación de Impactos Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia—Sede Bogotá. <http://oga.bogota.unal.edu.co/wp-content/uploads/2016/08/Metodologia-para-la-evaluaci%C3%B3n-de-impactos-ambientales-V.5.pdf>
- TULSMA. (2017). Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Vélez, M. (2015). Categorización Ambiental Nacional de proyectos, obras o actividades. [Informativa]. ABOGADOS ECUADOR. <https://www.legalecuador.com/es/publicaciones/categorizacion-ambiental-nacional-de-proyectos-obras-o-actividades>
- Villegas, M. I. V., Cadavid, L., & Awad, G. (2018). Metodología para Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos de Infraestructura en Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28(2), 121–156.

## 16. ANEXOS

Anexo No. 1. Aval del Traductor



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

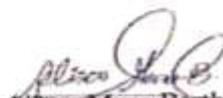
***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del tema de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la **CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: JUIÑA LAMIÑA GEOVANNY MAURICIO Y SIMBA SANDOVAL ROSARIO MARIBEL**, cuyo título versa **"SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA OBRAS DE APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA CATEGORÍA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y ASPECTO ESTÉTICO"**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

  
MSc. Alison Mena Barthejotty  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.C. 0501801252



CENTRO  
DE IDIOMAS

[www.uti.edu.ec](http://www.uti.edu.ec)

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Epulo / San Felipe. Tel. (03) 2252345 - 2252307 - 2252295