



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**ANÁLISIS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS AMBIENTALES DE
ABASTECIMIENTO EN COMUNIDADES DE LA ZONA ALTA DE
LA PARROQUIA SAN JUAN PARA EL DISEÑO DE UN MODELO
DE ECONOMÍA CIRCULAR**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES: IAN GEOVANY VASCO ARIAS

CATALINA BELÉN VERDUGA VILLAFUERTE

DIRECTORA: Dra. MAGDY MILENI ECHEVERRIA GUADALUPE PhD.

Riobamba-Ecuador

2022

©2022, Ian Geovany Vasco Arias & Catalina Belén Verduga Villafuerte

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

Nosotros, IAN GEOVANY VASCO ARIAS y CATALINA BELÉN VERDUGA VILLAFUERTE declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 28 de noviembre de 2022



Ian Geovany Vasco Arias

1205489923






Catalina Belén Verduga Villafuerte

1600579161

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DE SERVICIOS ECOSISTEMICOS AMBIENTALES DE ABASTECIMIENTO EN COMUNIDADES DE LA ZONA ALTA DE LA PARROQUIA SAN JUAN PARA EL DISEÑO DE UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR**, realizado por el señor **IAN GEOVANY VASCO ARIAS** y la señorita **CATALINA BELÉN VERDUGA VILLAFUERTE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-28
Dra. Magdy Mileni Echeverria Guadalupe, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-28
Ing. Juan Carlos Gonzáles García, PhD. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-28

DEDICATORIA

A mi familia, padre y madre, que con amor incondicional pudieron cumplir el sueño de ver a su hijo como un profesional.

A mi tío Patricio, que sus conocimientos bastos hicieron que la motivación de comprender nuevos proyectos me encamine hacia la investigación y nunca dejar de lado el aprendizaje continuo sobre uno mismo.

A mi compañera y amiga Catalina, por su confianza y dedicación ha sido posible centrarme en una realidad académica.

Ian

A mis padres, abuelos y hermanos que han sido mi apoyo incondicional en toda mi carrera universitaria.

Catalina

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, carrera de Ingeniería Ambiental por los conocimientos brindados y darnos las facilidades para obtener un título universitario.

Al Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC-ESPOCH) por su ayuda y asesoría para la ejecución de nuestro trabajo de integración curricular.

A las comunidades Chorrera-Mirador y Pulingui-San Pablo, por su apertura para poder llevar a cabo la investigación.

Ian & Catalina

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	2
1.3. Problema General de la Investigación	2
1.4. Problemas específicos de investigación.....	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.5. Justificación.....	5
1.5.1. <i>Justificación Teórica</i>	5
1.5.2. <i>Justificación Metodológica</i>	5
1.5.3. <i>Justificación Práctica</i>	5
1.6. Hipótesis	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de investigación	7
2.2. Referencias teóricas.....	8
2.2.1. <i>Diminución de los recursos ecosistémicos disponibles</i>	8
2.2.2. <i>Servicios ecosistémicos</i>	8
2.2.3. <i>Degradación de los servicios ecosistémicos</i>	10
2.2.4. <i>Servicios ecosistémicos de abastecimiento</i>	11
2.2.5. <i>Servicios de abastecimiento: Agua dulce</i>	11
2.2.7. <i>Servicios de abastecimiento: Materias primas</i>	12
2.2.8. <i>Servicios de abastecimiento: Alimentos</i>	13

2.2.9.	<i>Servicios de abastecimiento: Recursos medicinales</i>	14
2.2.10.	<i>Criterios para evaluar los servicios ecosistémicos</i>	14
2.2.11.	<i>Choice experiment</i>	16
2.2.12.	<i>Economía circular</i>	17
2.2.13.	<i>Desde lo lineal a lo circular</i>	19
2.2.14.	<i>Economía circular y bienestar humano</i>	21
2.2.15.	<i>Principios de la economía circular</i>	24
2.2.16.	<i>Diagrama de mariposa</i>	24
2.2.17.	<i>Cadena de valor</i>	25
2.2.18.	<i>Indicador de circularidad de material</i>	25
2.2.19.	<i>Indicador de circularidad del agua</i>	26
2.2.20.	<i>Estructura DISRUPT para la economía circular</i>	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLOGÍCO	29
3.1.	Ubicación del proyecto	29
3.2.	Población de estudio	30
3.3.	Tamaño de la muestra	30
3.4.	Método de muestreo	30
3.5.	Estado actual de los componentes	30
3.5.1.	<i>Agua dulce</i>	30
3.5.2.	<i>Materia prima</i>	41
3.6.	Circularidad de servicios ecosistémicos de abastecimiento	42
3.6.1.	<i>Circularidad del agua</i>	42
3.6.1.1.	<i>Indicador de entrada</i>	42
3.6.1.2.	<i>Indicador en sitio</i>	43
3.6.1.3.	<i>Indicador de reducción de uso/Extracción de agua</i>	44
3.6.2.	Porcentaje de circularidad de la materia prima	44
3.6.2.1.	<i>Cálculo de la materia prima virgen</i>	45
3.6.2.2.	<i>Cálculo de residuo no recuperable</i>	45
3.6.2.3.	<i>Recuperación de energía</i>	46
3.6.2.4.	<i>Cantidad de residuo generado en el proceso de reciclaje</i>	46
3.6.2.5.	<i>Cantidad total de residuos Irrecuperables</i>	47
3.6.2.6.	<i>Cálculo del índice de flujo lineal</i>	47
3.6.2.7.	<i>Cálculo de la utilidad</i>	47
3.6.2.8.	<i>Cálculo de la circularidad del material</i>	47

3.7.	Valoración económica	48
3.7.1.	<i>Experimentos de elección</i>	48
3.8.	Diseño de economía circular	49

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	50
4.1.	Servicios ecosistémicos	50
4.1.1.	<i>Recursos medicinales</i>	50
4.1.2.	<i>Alimentos</i>	51
4.1.3.	<i>Calidad del agua</i>	52
4.1.4.	<i>Materia prima</i>	56
4.2.	Índice de circularidad agua	56
4.3.	Índice de circularidad artesanías	57
4.4.	Herramienta dinámica de modelación.....	59
4.5.	Propuesta de modelo de economía circular	60
4.6.	Choice card.....	62

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3. Coordenadas geográficas	29
Tabla 2-3. Puntos de monitoreo	31
Tabla 3 -3. Parámetros in situ y laboratorio	32
Tabla 4-3. Métodos de análisis físico-químicos y microbiológicos del agua.....	35
Tabla 5 -3. Parámetros analizados en laboratorio	36
Tabla 6-3. Pesos relativos NSFF	37
Tabla 7-3. Clasificación de la calidad del agua.....	41
Tabla 8-4. Recursos medicinales de las comunidades	50
Tabla 9-4. Servicio ecosistémico Alimento	51
Tabla 10-4. Tabla comparativa con el TULSMA.....	52
Tabla 11-4. Índice de calidad de agua comunidad Pulingui-San Pablo	54
Tabla 12-4. Rango y Clasificación del ICA NSF	54
Tabla 13-4. Índice calidad de agua comunidad Chorrera-Mirador	55
Tabla 14-4. Rango y Clasificación del ICA NSF.....	55
Tabla 15-4. Datos de materia prima lana	58
Tabla 16-4. Encuesta choice card servicio ecosistémico agua.....	63
Tabla 17-4. Encuesta choice card servicio ecosistémico materia prima	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2.	Servicios ecosistémicos.....	10
Ilustración 2-2.	Valoración económica.....	15
Ilustración 3-2.	Ciclo del nitrógeno.....	17
Ilustración 4-2.	Modelo simple de economía circular	18
Ilustración 5-2.	Transición a la economía circular	20
Ilustración 6-2.	Acciones que promueven el desarrollo sostenible	22
Ilustración 7-2.	Desarrollo humano y huella ecológica	23
Ilustración 8-2.	Diagrama sistemático	24
Ilustración 9-2.	Representación simple de recuperación en una cadena de valor.....	25
Ilustración 10-2.	Circularidad de material	26
Ilustración 11-2.	Diagrama de mariposa del agua	27
Ilustración 12-2.	Elementos clave de la economía circular	28
Ilustración 13-3.	Mapa de ubicación	29
Ilustración 14-3.	Puntos de monitoreo.....	31
Ilustración 15-3.	Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales.....	36
Ilustración 16-3.	Valoración de la calidad de agua en función del pH.....	37
Ilustración 17-3.	Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno.....	37
Ilustración 18-3.	Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo	38
Ilustración 19-3.	Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura.....	38
Ilustración 20-3.	Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.....	39
Ilustración 21-3.	Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total	39
Ilustración 22-3.	Valoración de la calidad de agua en función del % Saturación de Oxígeno..	40
Ilustración 23-3.	Árbol de decisión-agua de entrada	43
Ilustración 24-3.	Métrica de indicador de sitio	44
Ilustración 25-3.	Representación de circularidad de material	45
Ilustración 26-3.	Método DISRUPT economía circular	48
Ilustración 27-4.	Proceso lineal de elaboración de artesanías	55
Ilustración 28-4.	Resultado del árbol de decisión-agua de entrada	57
Ilustración 29-4.	Circularidad del proceso actual de artesanías.....	59
Ilustración 30-4.	Porcentaje de circularidad de materia prima	59
Ilustración 31-4.	Modelo de economía circular.....	60
Ilustración 32-4.	Diseño de recolección de agua y tratamiento de aguas negras.....	61
Ilustración 33-5.	Gestión de residuos	62
Ilustración 34-4.	Choice card servicio ecosistémico agua.....	63

Ilustración 35-4. Resultados método elección sin costo de mercado	63
Ilustración 36-4. Choice card servicio ecosistémico materia prima	64
Ilustración 37-4. Resultado choice card materia prima	65

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3. Método Delphi	36
Ecuación 2-3. Indicador de entrada.....	42
Ecuación 3-3. Indicador de sitio.....	43
Ecuación 4-3. Aprovechamiento del producto	45
Ecuación 5-3. Residuo no recuperable	45
Ecuación 6-3. Recuperación de energía	46
Ecuación 7-3. Energía recuperada del proceso	46
Ecuación 8-3. Residuo del reciclaje	46
Ecuación 9-3. Residuo irrecuperable	47
Ecuación 10-3. Flujo lineal	47
Ecuación 11-3. Utilidad	47
Ecuación 12-3. Indicador de circularidad del material.....	47
Ecuación 13-3. Factor en función de la utilidad.....	48

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue analizar los servicios ecosistémicos ambientales de abastecimiento en la comunidad Chorrera-Mirador y la asociación Pulingui-San Pablo de la zona alta de la parroquia San Juan para el diseño de un modelo de economía circular de los servicios ecosistémicos más importantes: agua dulce y materia prima (lana de alpaca), en el que centran sus actividades. El análisis se basó en la observación y entrevista informal semiestructurada a los actores claves y habitantes de los lugares de estudio. Se determinó el porcentaje de circularidad para los dos servicios ecosistémicos de abastecimiento, para el agua dulce se usó la metodología World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) y para la materia prima se usó la metodología de Ellen MacArthur. Se obtuvo en ambos cálculos un resultado de 0% de circularidad. Para la elección del mejor modelo de economía circular, se utilizó el método de experimento de elección sin valor de mercado con tres alternativas de respuesta. Se encontró que, para la comunidad y la asociación, la mejor opción es el modelo basado en DISRUPT framework con alta aceptación (77%). Se recomienda que, una vez implementado el modelo planteado de economía circular, se pueda realizar un segundo cálculo de porcentaje de circularidad de los dos principales servicios ecosistémicos ambientales de abastecimiento (agua dulce y materia prima) para determinar su eficiencia.

Palabras clave:<GREEN ECONOMY>, <ECONOMÍA CIRCULAR>, <PORCENTAJE DE CIRCULARIDAD>, <SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE ABASTECIMIENTO>, <LANA ALPACA>, <CHOICE EXPERIMENT>, <RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO>.



0044-DBRA-UTP-2023

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the environmental ecosystem services of supply in the Chorrera-Mirador community and the Pulingui, San Pablo association in the upper area of the San Juan parish for the design of a circular economy model of the most important ecosystem services: fresh water and raw material (alpaca wool), on which they focus their activities. The analysis was based on observation and an informal semi-structured interview with the key actors and inhabitants of the study places. The percentage of circularity for the two supply ecosystem services was determined; for freshwater, the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) methodology was used, and the Ellen MacArthur methodology was used for the raw material. In both calculations, a result of 0% of circularity. The choice experiment method without market value was used with three response alternatives to choose the best circular economy model. It was found that the best option for the community and the association is the model based on the DISRUPT framework with high acceptance (77%). Therefore, it is recommended that, once the proposed circular economy model has been implemented, a second calculation of the circularity percentage of the two main supply environmental ecosystem services (freshwater and raw material) can be made to determine their efficiency.

Keywords: <GREEN ECONOMY>, <CIRCULAR ECONOMY>, PERCENTAGE OF CIRCULARITY>, <ECOSYSTEM SUPPLY SERVICES>, <PANA ALPACA>, <CHOICE EXPERIMENT>, <CHIMBORAZO WILDLIFE PRODUCTION RESERVE>

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature appears to read "Paul Obregón".

Ing. Paul Obregón. Mgs.

0601927122

INTRODUCCIÓN

El cambio climático y el crecimiento demográfico acelerado son los mayores retos que enfrenta el planeta (Bulege, 2013, pp.4-5). Las consecuencias afectan al sector socioeconómico y provocan la degradación del ambiente (IPCC, 2012, p.318), reducen la calidad de vida de las comunidades urbanas y rurales. Los humanos han cambiado estos ecosistemas de forma más veloz y amplia en comparación con otros períodos de tiempo en la historia, con el fin de satisfacer las crecientes demandas de agua dulce, alimentos, fibra, madera y combustible (Millennium Ecosystem Assessment, 2005a, p.50).

Los recursos que brinda la naturaleza a la población denominados servicios ecosistémicos se han visto afectados por la creciente demanda, estos se dividen en servicios ecosistémicos de abastecimientos, regulación, de apoyo y culturales (FAO, 2022a, p.1); en la presente investigación se analizan los servicios ecosistémicos de abastecimiento, enfatizando en agua dulce y materia prima.

Las comunidades de la zona alta de la parroquia San Juan se encuentra en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (MAE, 2018a, p.11), tienen como meta la preservación y conservación de la naturaleza (MAE, 2018b, pp.67-80), es por ello que estos recursos vírgenes deben seguir un proceso circular para que el porcentaje de retorno sea mayor al de consumo, por lo tanto, la metodología a usar para valorar estos servicios fueron los experimentos de elección, que son un enfoque de encuesta diseñado para obtener las preferencias de los consumidores basadas en mercados hipotéticos (Koemle y Yu, 2020, pp.3-31). Los habitantes de la comunidad Chorrera-Mirador y asociación Pulingui-San Pablo están obligados a elegir entre múltiples bienes públicos o privados y determinar la mejor alternativa que beneficia tanto a las comunidades como a la naturaleza.

La presente investigación consta de cinco capítulos que describe el problema de investigación, bases teóricas y metodología involucrada para lograr el análisis de servicios ecosistémicos y diseño de economía circular en las comunidades Chorrera-Mirador y Pulingui-San Pablo y finalmente las conclusiones del proyecto.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La dependencia de los recursos naturales y la creciente pérdida de medios de vida por la erosión del capital natural subraya la necesidad de una estrategia para invertir en las existencias de capital natural que sustentan los medios de vida de los productores primarios. El déficit de conocimiento sobre el valor de los servicios ecosistémicos no permite un desarrollo sustentable de las comunidades rurales y genera una producción inconsciente; llamada “de la cuna a la tumba” para la sostenibilidad económica, en consecuencia se genera la pérdida de la biodiversidad de especies en flora y fauna, la disminución de los servicios ecosistémicos de abastecimiento, los cuales aportan en la producción económica primaria a nivel nacional y promueven la calidad de vida de todos los habitantes. Por medio de un modelo de economía circular se recuperaría el capital natural y mejoraría la calidad de vida de los asentamientos humanos que aprovechan los servicios ambientales (GADPR de San Juan, 2019a: p.42).

1.2. Limitaciones y delimitaciones

Las comunidades Pulingui-San Pablo y Chorrera-Mirador ubicadas en la parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo del territorio ecuatoriano, cuentan con los servicios ecosistémicos de abastecimiento que brinda la Reserva de Producción de Fauna de Chimborazo. El método económico actual empleado para el desarrollo de las comunidades provoca un desbalance en la reserva, lo que causa el impacto por la fragmentación del ecosistema y no permite el aprovechamiento de manera justa y equitativa para el crecimiento económico. La repercusión del bienestar humano con su estrecha relación con la biodiversidad constituye un socio-ecosistema, que debe ser modelado y adaptado para una coevolución sostenida en leyes ambientales, que actualmente no adjudican un control a los SEA lo que provoca una limitante en la ejecución de proyectos para la mejora continua (Lozano et al., 2016a: pp.56-57).

1.3. Problema General de la Investigación

La población de la parroquia San Juan, del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, basa sus actividades en la obtención de materias primas como: agricultura, ganadería, apicultura, explotación forestal, acuicultura y minería (GADPR de San Juan, 2019b: p.62); actividades que, con el acceso a la cobertura del agua potable, electricidad, saneamiento ambiental, el manejo de los

desechos sólidos y la infraestructura de un sistema sustentable para la vivienda, se constituye el desarrollo social que ofrecen los servicios ecosistémicos ambientales, lo cual mejora las condiciones laborales de la PEA y calidad de vida en los sectores estratégicos.

En los asentamientos humanos de las comunidades Pulingui-San Pablo y Chorrera-Mirador no se ha realizado un análisis de los servicios ecosistémicos existentes, consecuentemente no poseen un modelo de economía circular que les permita gestionar de manera sustentable los servicios ecosistémicos de abastecimiento que brinda la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

El presente trabajo de investigación responderá la siguiente pregunta:

¿Es factible diseñar un modelo de economía circular mediante el análisis de los servicios ecosistémicos de abastecimiento en la comunidad Chorrera-Mirador y asociación San Pablo Pulingui?

1.4. Problemas específicos de investigación

Los agroecosistemas del país son de mucha importancia en cuanto a la provisión de servicios ambientales, indispensables para el desarrollo nacional. El uso racional de recursos naturales y de materias primas se ha visto afectado, trayendo como consecuencia daños en el medio ambiente y la disminución de los niveles productivos en las empresas, factores que son determinantes en el desarrollo sostenible, por lo que se hace necesario cambiar el modelo lineal de la economía (Mejía, 2016a: p.118).

La economía circular como un nuevo modelo propone recuperar las partes durables de los productos calculando el porcentaje de circularidad, lo cual evita la sobre extracción y pérdida del valor de los servicios ecosistémicos de abastecimiento, lo que condiciona la práctica de la innovación y reestructuración de la cadena de valor, todo lo cual incide sobre la dinámica de desarrollo de las regiones que en ello se impliquen (Cargua et al., 2019: p.150).

Esta propuesta permitiría satisfacer las necesidades inmediatas y puntuales de los individuos, además, reducir la generación de desechos y disminuir la utilización de recursos y materias primas vírgenes, adicionalmente por la existencia de estudios y proyectos a favor de las comunidades rurales, recompensa el desfase por el desconocimiento sobre el valor económico de los servicios ecosistémicos de abastecimiento (GADPR de San Juan, 2019c: p.82).

Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Analizar los servicios ecosistémicos ambientales de abastecimiento en la comunidad Chorrera-Mirador y la asociación Pulingui-San Pablo de la zona alta de la parroquia San Juan para el diseño de un modelo de economía circular.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer el estado actual de los servicios ecosistémicos ambientales de abastecimiento de las comunidades Chorrera-Mirador y Pulingui-San Pablo de la zona alta de la parroquia San Juan.
- Calcular el porcentaje de circularidad de los servicios ecosistémicos ambientales de abastecimiento de las comunidades Chorrera-Mirador y Pulingui-San Pablo de la zona alta de la parroquia San Juan.
- Diseñar un modelo de economía circular para las comunidades Chorrera-Mirador y Pulingui-San Pablo de la zona alta de la parroquia San Juan.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación Teórica

Este proyecto de investigación se realiza con la finalidad de aportar al conocimiento existente sobre los servicios ecosistémicos de abastecimiento y economía circular.

1.5.2. Justificación Metodológica

El uso de la metodología de experimentos de elección y circularidad de material como instrumento de evaluación, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta final que ayudará a las comunidades en las cuales se llevó a cabo el proyecto.

La metodología utilizada en la investigación es nueva y será aplicada para poder conocer su viabilidad y ser la base para futuras investigaciones.

1.5.3. Justificación Práctica

La zona en donde se centra este proyecto es de interés mundial, debido a que la parroquia de estudio está ubicada en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCH) que es una importante unidad ecológica, tanto por los valores naturales y culturales que atesora como por las funciones ecosistémicas que cumple (Hofstede et al., 2014: pp.14-44). La flora existente en la zona, que en su mayoría la conforman especies de tipo herbácea, además cuenta con cuatro zonas de vida, especialmente “El Arenal”, el cual es considerado como páramo semidesértico, donde la vegetación en su mayoría es xerofítica y es único en el Ecuador (MAAE, 2021, p.1).

El presente trabajo de investigación se realizó para analizar los servicios ecosistémicos de abastecimiento de la zona alta de la parroquia San Juan que brinda la RPFCH y con ello diseñar un modelo de economía circular que ayude a mitigar los impactos generados por el uso de los recursos mediante el cálculo de porcentaje de circularidad y valoración sin valor de mercado de los servicios ; y, está auspiciado por el proyecto “Estudio de la pobreza energética en comunidades rurales y urbanas de la provincia de Chimborazo: propuesta de soluciones específicas utilizando fuentes de energía renovable y soluciones basadas en la naturaleza” del Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC-ESPOCH) quienes brindarán su asesoría técnica y el soporte en el muestreo y análisis de laboratorio.

1.6. Hipótesis

Con base al análisis de servicios ecosistémicos de abastecimiento se diseña un modelo de economía circular para las comunidades Chorrera-Mirador y Pulingui-San Pablo

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

La valoración de los servicios ecosistémicos siempre se ha centrado en calcular los impactos ecosistémicos sobre poblaciones específicas, ya que según Vásquez & Pardo (2014, pp.26-27), los servicios ecosistémicos se definen como aquellos generados por factores que directa o indirectamente incrementan los intereses personales y el impacto positivo en el ambiente. Dance (2018, p.73), planteó que existen cuatro tipos de servicios ecosistémicos, los cuales son: servicios de suministro o abastecimiento, es decir, servicios obtenidos directamente de la naturaleza; servicios regulatorios que resultan del mantenimiento del ecosistema; servicios culturales que no se entregan en forma tangible, y servicios básicos, de apoyo o de hábitat que combinan varios servicios para crear otros servicios.

La OMS en un artículo del MEA (2005c, p.30), hizo una predicción sobre el aumento de la degradación de los servicios ambientales, contrastando este como el principal obstáculo para lograr Objetivos de Desarrollo del Milenio, además de tener una mayor posibilidad de cambios ecológicos graves; afecta directamente a los procesos económicos, sociales y políticos, los cuáles son pilares para el bienestar y salud humana.

Dentro del plan de ordenamiento territorial del GADPR (2019d, p.97), la población de la parroquia San Juan tiene un acceso limitado a los servicios básicos. De acuerdo a la situación actual, los asentamientos humanos tienen un 100% de acceso al uso de agua entubada, la cual carece de un tratamiento para el consumo doméstico por la falta de inversión en plantas de tratamiento y un déficit de control en los desfogues. (GADPR de San Juan, 2019e, p.97).

Las 9 comunidades identificadas como: Ballagan, Larcaloma, Cooperativa Santa Teresita, Pulingui San Pablo, Ganquis, Chorrera Mirador, Pasguazo, Gallo Rumi y Pungul que representa el 28%, no cuentan con el servicio del manejo de los desechos sólidos, las demás 23 comunidades si cuentan con el servicio de recolección de desechos sólidos lo que representa el 72 % de la parroquia (GADPR de San Juan, 2019, p.96).

Debido a las actividades insostenibles, el 12 de diciembre del 2015, 196 partes adoptaron el Acuerdo de París que es un tratado internacional para combatir el cambio climático, plantear políticas y planes de mitigación y adaptación (Di Pietro, 2017, pp.2-6); como resultado del acuerdo nacen fundaciones encaminadas a el desarrollo de proyectos, metodología e indicadores, como protección a la fragmentación de los servicios ecosistémicos; la Fundación MacArthur en conjunto con organizaciones desarrolló en 2015 la metodología para la transición de economía lineal a economía circular, la cual ha sido adoptada para beneficio de los asentamientos humanos.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. *Diminución de los recursos ecosistémicos disponibles*

Un mejor reflejo del valor de los ecosistemas y sus servicios para los pobres es con el PIB que puede cambiar las perspectivas económicas considerablemente (MEA, 2005d, p.6). La cuestión de la dependencia de los pobres en las zonas rurales por los ingresos de productos y servicios ambientales son fundamentales para tener en cuenta en la formulación de políticas a fin de abordar el objetivo de la erradicación de la pobreza de manera eficaz. Su dependencia y la creciente pérdida de medios de vida por la erosión del capital natural subraya la necesidad de una estrategia para invertir en las existencias de capital natural que sustentan los medios de vida de los seres humanos (MEA, 2005e, p.9).

Los impactos nocivos de la degradación ambiental y la pérdida asociada de los servicios de los ecosistemas los soportan de manera desproporcionada los pobres, lo que contribuye a aumentar las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas y, a veces, son el factor principal que causa la pobreza y los conflictos sociales y políticos (MEA, 2005f, p.8).

Podría decirse que los más inmediatos y directamente afectados por cualquier pérdida de biodiversidad son los pobres de las zonas rurales de los países en vías de desarrollo, donde la mayoría de las poblaciones dependen directamente de los recursos naturales y sus medios de subsistencia de muchas personas en las zonas rurales del mundo están íntimamente relacionados con la explotación de entornos frágiles y ecosistemas vulnerables (Barbier, 2005, pp.108-154).

Los recursos naturales son una fuente básica de generación de ingresos, por ello las necesidades de atención médica en zonas rurales se satisfacen principalmente con medicamentos y tratamientos tradicionales extraídos de fuentes naturales. La pérdida de esta biodiversidad es particularmente profunda en estos casos, ya que el costo del tratamiento sustitutivo suele ser prohibitivo y además se corre el riesgo de socavar el progreso hacia el logro de muchos de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (TEEB, 2008a, p.12).

2.2.2. *Servicios ecosistémicos*

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que los humanos obtienen de los ecosistemas, y son producto de las interacciones que se generan dentro de los mismos. Cada ecosistema provee diferentes servicios a la sociedad, relacionados con el nivel de intervención humana en el mismo: desde bosques, humedales y a páramos, hasta ecosistemas agrarios y áreas urbanas (MEA, 2005g, p.11). La clasificación más aceptada de los servicios ecosistémicos se basa en la función de los mismos: provisión, que implica recursos tangibles como alimentos, agua y fibras; regulación, que incluye procesos complejos que regulan las condiciones del ambiente, como el clima, la erosión

de los suelos y las plagas; culturales, que implican beneficios que abarcan las construcciones sociales de relación con su entorno, como beneficios espirituales, recreativos y de conocimiento; y los servicios de sustento o soporte, los cuales no se desconectan directamente a la sociedad, pero que son importantes para mantener los demás servicios, como la biodiversidad, la producción primaria, el ciclado de nutrientes y la formación de suelo (Camacho, 2012, p.73).

La mayor parte de la producción alimentaria depende de que los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, se gestionen de forma racional, puesto que estos mantienen el buen estado de salud de los suelos, permiten la polinización y regulan las plagas y las enfermedades, entre otros servicios. Mantener los ecosistemas sanos es la mejor forma de garantizar que la agricultura sea productiva y los alimentos, nutritivos, estos servicios permiten que se produzcan las funciones biológicas que sostienen la agricultura y no deberían quedar al margen de la planificación agrícola (Mejía, 2016b, pp.38-40).

Es preciso respaldar los ecosistemas a fin de seguir apoyando la agricultura, la ganadería, la actividad forestal y la pesca, dejando claro que los servicios ecosistémicos son el motor del ambiente. La tierra, el agua, el aire, el clima y los recursos genéticos han de utilizarse de forma responsable para que beneficien también a las generaciones futuras (Mejía, 2016c, p.39).

Los servicios ecosistémicos son definidos de acuerdo al TEEB como las contribuciones directas e indirectas de los ecosistemas al bienestar humano. Así, se han identificado globalmente 22 tipos de servicios ecosistémicos, divididos en 4 grandes categorías (Ilustración 1-2). Los servicios ecosistémicos dependen de la estructura de los ecosistemas (su estado de conservación), sus procesos ecológicos (físicos, químicos o biológicos), y de las funciones de los ecosistemas (producción primaria, ciclo del nitrógeno, ciclo hidrológico, formación de suelo, control biológico, etc.) (Orihuela y Albán, 2012, p.20).



Ilustración 1-2. Servicios ecosistémicos.

Realizado por: (Millennium Ecosystem Assessment, 2015, p.6).

2.2.3. Degradación de los servicios ecosistémicos

De acuerdo a Gómez et al. (2013, p.42), se definen explícitamente que los servicios que brindan los ecosistemas generan una variedad de servicios que benefician a la población. Existen claras evidencias de la relación entre el bienestar humano con los bienes y servicios generados desde los ecosistemas; no es considerada como una herramienta que permite valorar monetariamente la magnitud de la transferencia de beneficios al bienestar social (MEA, 2005h, p.30).

La degradación de los servicios de los ecosistémicos representa la pérdida de un activo de capital; se habla de los recursos renovables, como los servicios ecosistémicos, los recursos no renovables, los depósitos minerales, algunos nutrientes del suelo y los combustibles fósiles son activos de capital.

Sin embargo, las cuentas nacionales tradicionales no incluyen medidas del agotamiento de los recursos o de la degradación de estos recursos. Como resultado, un país podría talar sus bosques y agotar sus pesquerías, lo que mostraría una ganancia positiva en el PIB (una medida del bienestar económico actual) sin registrar la correspondiente disminución en los activos que es lo más importante, medida adecuada del bienestar económico futuro. (TEEB, 2008b, p.40).

2.2.4. Servicios ecosistémicos de abastecimiento

Agua, alimentos, madera y otros bienes son algunos de los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas y que se conocen como “servicios de abastecimiento”. Muchos de los servicios de abastecimiento se comercializan en los mercados. Sin embargo, en muchas regiones, los hogares rurales también dependen directamente de los servicios de abastecimiento para su subsistencia. En este caso, el valor de los servicios puede ser mucho más importante del que reflejan los precios que alcanzan en los mercados locales (Lattera et al., 2011a: pp.647-648).

La agricultura, la silvicultura y la pesca resultan afectadas por todos los tipos de servicios ecosistémicos y a su vez influyen en ellos (TEEB, 2008c, p.35). Algunas zonas indígenas montañosas de alta pluviosidad tienden a ser, además, áreas críticas para la provisión de servicios ecosistémicos clave para el desarrollo, como lo es el suministro de agua de buena calidad (Lattera et al., 2011b: p.647).

Las sociedades humanas, en nuestro intento de apropiarnos de los recursos y SE que nos ofrecen los ecosistemas naturales, manipulamos y transformamos (en mayor o menor grado) la dinámica estructural y funcional de los ecosistemas; esto afecta, a su vez, su capacidad para proveernos de dichos recursos y servicios ecosistémicos, es por ello que no basta concebir e identificar los SE para asegurar su provisión sustentable (Lattera et al., 2011c: pp.740).

2.2.5. Servicios de abastecimiento: Agua dulce

Los riegos diarios de volúmenes de agua dulce se entregan en láminas para los cultivos en todo el mundo, lo que representa el 60% de uso de agua dulce destinado para el riego que se puede mejorar con los sistemas automatizados de retención de agua en los suelos (Romero 2022, pp.40-46). El ganado es un usuario importante de los recursos de agua dulce, esta huella hídrica proviene principalmente de los alimentos que consume y se estima que el ganado utiliza el 15% de la cantidad total de agua asignada para la agricultura. Los pastizales, por otro lado, son ecosistemas importantes en muchas de las principales cuencas fluviales del mundo, la tierra de pastoreo tradicional es uno de los usos de la tierra más eficientes desde la perspectiva del agua (Lozano et al., 2016b: pp.56).

La gestión sostenible de la pesca y el desarrollo sostenible de la acuicultura pueden sustentar el suministro de agua dulce a los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, al proteger los estanques existentes, la acuicultura puede convertirse en administradora del agua dulce. La gestión sostenible del agua dulce es esencial, y la gestión de peces y pesquerías debe integrarse en los marcos de gestión de los recursos hídricos para respaldar este servicio (Lomas et al., 2015, p.7).

Los bosques ayudan a mantener ecosistemas acuáticos saludables y proporcionan una fuente confiable de agua dulce limpia. Los bosques no solo filtran y purifican el agua, también previenen la erosión del suelo, reducen la sedimentación en los embalses y reducen el riesgo de deslizamientos, inundaciones y todos los demás problemas que pueden poner en peligro los recursos. Y si bien el bosque en sí mismo consume agua, también aumenta la infiltración y ayuda a reponer las aguas subterráneas. La pérdida de la cubierta forestal puede afectar negativamente a los suministros de agua dulce (FAO, 2022b, p.1).

2.2.6. Calidad del agua

La importancia del agua en el uso recreacional e industrial y para consumo la determina el tipo de calidad de agua despachada (Boyacioglu, 2007, pp. 101). La calidad se mide a partir de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, la influencia antropogénica o naturales afecta al tipo de calidad de agua en los cuales se incluyen turbiedad, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nutrientes, temperatura, pH, entre otros, los cuales pueden afectar a la salud si no se toma la correcta decisión con respecto al uso o al tratamiento que necesita. (Borrero, 2018a, pp. 3-5). Existen algunos parámetros que son fácilmente medidos en campo y que son menos costosos, los cuales incluyen pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, conductividad, sólidos sedimentables, cloro residual, entre otros (OPS, 2007, pp. 20-24).

El índice de contaminación propuesto por McDuffie & Haney (Abbasi & Abbasi, 2012a, pp. 32-33) propone una relación entre los valores medidos de los parámetros y los niveles naturales del parámetro. En 1972, Dinius presenta un nuevo índice de calidad el cual tiende a asociar el índice con los sistemas sociales y los impactos sobre los costos para controlar la contaminación del cuerpo de agua (Dinius, 1987; citado en Borrero, 2018b).

El índice de calidad en el cual se han basado varias investigaciones está planteado por la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos, se fundamenta principalmente en un procedimiento de agregación de adición aritmética ponderada, que transforma los valores con base a de curvas funcionales producidas por el método Delphi (Abbasi & Abbasi, 2012b, pp. 51-52).

2.2.7. Servicios de abastecimiento: Materias primas

Las diferencias en el desarrollo económico alcanzado en los países de América, y entre ellos, y las variaciones de la huella ecológica de los países relacionadas con las actividades en pro del desarrollo plantean problemas relativos al uso equitativo y sostenible de la naturaleza, el ganado proporciona diferentes tipos de materias primas, como fibra (lana), cuero y productos conexos utilizados en las industrias de la alimentación (Schuschny y Soto de la Rosa, 2009, p.25).

En algunos ejemplos de materias primas es el cultivo de microalgas que se relaciona con la acuicultura para la obtención de biocombustibles, la plantación de los manglares Ilustración para la producción de materiales de construcción y las conchas para la elaboración de objetos de valor como joyas, entre otros objetos que se rigen a la cultura de la región. (FAO, 2022c, p.1).

Una forma de estimar el valor del servicio ecosistémico materias primas (aprovechamiento) es utilizar una función dosis-respuesta que relacione el cambio en la dotación del alimento (natural) con la variación del peso de un individuo del ganado, y posteriormente asociarlo con el cambio del beneficio. En otras palabras, aplicar el método cambio en la productividad; dado que esta función dosis-respuesta no está disponible, el método no es factible de utilizar en este caso. (Orihuela y Albán, 2012b, pp.50-55).

La disponibilidad de alimento en un momento determinado del entorno está relacionada con las condiciones climáticas de ese período, por lo que la estimación de la pérdida natural de cobertura vegetal es difícil y cuestionable. Otro enfoque es promover el escenario de que el alimento no está naturalmente disponible para los animales, el responsable debe entonces ser compensado satisfactoriamente en términos de calidad y cantidad por el alimento anterior. Según Ruiz (1985, p. 100) y Atto (2012, p. 87) citado en (Orihuela y Albán, 2012c, p.50), esto es posible.

Asumiendo que la recolección sostenible de leña no crea externalidades, el mercado local de leña puede acercarse a un modelo de competencia perfecta, de manera que el precio de la leña se acerque a su costo de oportunidad, se utiliza el método del valor neto en este caso (Orihuela y Albán, 2012d, p.53).

2.2.8. Servicios de abastecimiento: Alimentos

Actualmente, el mundo produce lo suficiente para alimentar a una población mundial de 7 mil millones de personas. La producción de alimentos ha crecido más rápido que el crecimiento de la población en los últimos 20 años, por lo que hoy en día el mundo produce un 17 % más de alimentos por persona que hace 30 años (FAO, 2022d, p.1). De todos los servicios ecosistémicos, la producción de alimentos ha ido en constante aumento en la historia reciente, sin embargo, ahora se reconoce que los aumentos en la producción y la productividad agrícolas a menudo van acompañados de impactos adversos en los recursos naturales de los que depende la agricultura, impactos que son muy severos y socavan el potencial de producción futura; los enfoques han surgido a medida que los agricultores comenzaron a adoptar prácticas sostenibles (MINAM, 2016, pp.374).

El ganado representa casi un tercio del consumo humano de proteínas (FAO, 2022e, p.1). Los alimentos de origen animal juegan un papel muy importante en la dieta humana, especialmente los micronutrientes. Los bovinos rumiantes son capaces de digerir la celulosa de la hierba y convertirla en proteínas aptas para el consumo humano, es la única manera de producir alimentos

en vastos pastizales no cultivables, sin embargo, otros sistemas de producción ganadera se basan en granos, lo que puede crear conflictos entre la alimentación humana y animal (MINAM, 2016, pp.21).

La acuicultura es una de las industrias de producción de alimentos de más rápido crecimiento, proporcionando la mitad de todo el pescado a los humanos, se estima que el 15-20% de la proteína animal total proviene de animales acuáticos, considerado muy nutritivo y una valiosa adición a las dietas deficientes en vitaminas y minerales esenciales; además, el servicio de alimentos proporciona ingresos financieros esenciales y oportunidades de empleo para la industria (Orihuela y Albán, 2012e, pp.15-17). Los productos forestales no madereros también contribuyen significativamente a la nutrición en los países en desarrollo (FAO, 2022f, p.1).

2.2.9. Servicios de abastecimiento: Recursos medicinales

Durante miles de años, los humanos han recolectado y utilizado plantas medicinales o partes de las mismas para la curación, mantener vivo este stock medicinal requiere una gestión sostenible. En todo el mundo, tanto en países en vías de desarrollo como desarrollados, existe un interés creciente por las plantas medicinales y aromáticas en cuanto a su uso, desarrollo, cultivo, conservación y uso sostenible (FAO, 2022g, p.1). Hoy en día, los medicamentos a base de plantas son la piedra angular de la medicina en muchos países, ya sea como remedios tradicionales o como tratamientos considerados más "modernos". Los pastizales albergan muchas plantas medicinales, la degradación de los pastos conduce a la pérdida de estos remedios naturales, muchas plantas y animales acuáticos se utilizan en la medicina tradicional, incluidos los caballitos de mar, las estrellas de mar, los erizos de mar y los pepinos de mar; la contaminación, la destrucción del hábitat y la pesca excesiva ponen en peligro a estas especies (Viglizzo et al., 2011, p.25). El conocimiento tradicional nos dice mucho sobre otros posibles remedios naturales, siempre y cuando se mantenga el frágil equilibrio de los ecosistemas forestales.

2.2.10. Criterios para evaluar los servicios ecosistémicos

En la Ilustración 2-2, se establece dos criterios de evaluación donde se visualizan la realidad de los servicios ecosistémicos subvalorados en las zonas altoandinas de la región ecuatorial.



Ilustración 2-2. Valoración económica.

Fuente: GIDAC, 2019.

El valor económico es un valor antropocéntrico, relativo e instrumental, establecido en unidades monetarias que se basa en las preferencias individuales de las personas. El valor económico es el resultado del bienestar que se genera a partir de la interacción del sujeto (individuo o sociedad) y el objeto (bien o servicio) en el contexto donde se realiza esta interrelación (MINAM, 2015, p.85).

Se han desarrollado diversos métodos de valoración económica con el objeto de cuantificar de forma parcial o integral el valor económico de un bien o servicio ecosistémico. La elección del método de valoración depende generalmente del objetivo de la valoración, la información disponible, el bien o servicio ecosistémico, el tipo de valor económico, los recursos financieros, el tiempo, entre otros (Rowen et al., 2018, pp.75-77).

Entre los principales métodos de valoración económica sin precio de mercado de los servicios ecosistémicos se encuentran:

- **Precios de Mercado**, se utiliza cuando el bien o servicio es tranzado en un mercado.
- **Cambios en la Productividad**, permite estimar el valor de un atributo ambiental, sobre la base de la teoría de función de producción.
- **Costo de Viaje**, se basa en los gastos de dinero y tiempo en que se incurre por visitar un determinado lugar.
- **Precios Hedónicos**, descompone el precio de un bien en función de sus características o atributos.
- **Costo de Oportunidad**, estima el valor que se tendría que pagar para obtener de una forma alternativa el servicio.
- **Costos Evitados**, estima el costo por evitar la pérdida del servicio.
- **Valoración Contingente**, construye un mercado hipotético, determina la máxima disponibilidad a pagar (DAP) por mantener un servicio ecosistémico.

- **Transferencia de Valor**, utiliza un valor único de un estudio primario relevante y se aplica a la zona de estudio (MINAM 2015, p.206).

Estos métodos definen la forma de obtener la información para llegar a definir los ingresos netos en una determinada actividad a partir de la utilización de un servicio ecosistémico. (Landolt y Mogrovejo, 2018). Los métodos de valoración más sencillos son aquellos que se basan en los precios de mercado. Muchos de los bienes y servicios proveídos por el agro son comercializados (madera, leña, carne, pescado, minerales, productos agrícolas) ya sea en mercados locales o internacionales. Así, los precios de mercado pueden ser utilizados para construir cuentas financieras que comparen los costos y beneficios de las alternativas del uso de la tierra.

Los precios son obtenidos en el mercado a través de la interacción entre los consumidores y productores sobre la demanda y oferta de los bienes y servicios. Cuando se utilizan precios de mercado en una valoración financiera es importante determinar el mercado apropiado.

2.2.11. Choice experiment

Los experimentos de elección se han utilizado durante mucho tiempo para estimar las preferencias de los consumidores y predecir el comportamiento del consumidor en el mercado (Gao y Schroeder, 2009, pp.50-60). Los valores no se pueden obtener fácilmente, se han llevado a cabo amplias aplicaciones de experimentos de elección para estudiar las actitudes de los residentes hacia la recreación de los servicios ecosistémicos, este método de encuesta es diseñado para obtener las preferencias del consumidor basadas en mercados hipotéticos y los encuestados deben elegir entre opciones de bienes privados o servicios públicos (Rowen et al., 2018, pp.69-77).

La prueba de selección es un método preferido publicitado que se utiliza cada vez más para obtener estimaciones del valor no comercial. Implica presentar a los entrevistados un conjunto de opciones que tienen características comunes, una de las cuales es crítica, pero con diversos grados de severidad, y pedirles que elijan la opción preferida de cada combinación (Tudela, 2010, pp.183-217). La información sobre las elecciones de los individuos se utiliza para estimar los valores marginales de cada rasgo.

El ámbito original de la prueba de selección era el marketing, pero en los últimos años también se ha aplicado a la geografía, el transporte y otros sectores económicos (Hanley, Wright y Koop, 2002: pp.449-466). Los estudios en los que la validez del uso de estimaciones derivadas de la aplicación de la prueba de elección para la transferencia de beneficios es relativamente rara, sugieren que métodos como la prueba de elección son preferibles a la transferencia de beneficios, porque pueden tener en cuenta las diferencias y diferencias sociales y demográficas. en el desarrollo de bienes ambientales de calidad (Kløjgaard, 2012, pp.5-6).

A partir de los precedentes más próximos de la aplicación se estima por un experimento de selección de tres submuestras de dos humedales australianos, cuestionan la igualdad de los valores

marginales obtenidos, por lo cual las pruebas de selección estiman valores marginales similares cuando se aplican a bienes similares, pero con diferentes combinaciones de atributos (Greiner et al., 2014, pp.38-40).

2.2.12. Economía circular

Actualmente el consumo y producción de países industrializados son insostenibles, la industria es el mayor problema ya que son la fuente directa de emisiones por su modelo de economía y paradigma de la cuna a la tumba, donde en toda su cadena de producción, usan los recursos naturales y generan residuos tal es el caso que cada año el tercio de la comida termina en botaderos, además de que con el aumento de la población necesitaríamos mínimo 3 planetas para satisfacer las necesidades de cada habitante, por ello se buscan realizar cambios fundamentales para evitar el colapso en el ambiente (MaCormick, Richter y Pantzar, 2015: pp. 5-13).

Un ejemplo es el aumento de nitrógeno en la atmósfera, como se puede observar en la Ilustración 3-2, las actividades antropogénicas como la agricultura y la industria causan este fenómeno (Millennium Ecosystem Assessment, 2005a, pp. 7-11), como consecuencia los ecosistemas sufren alteraciones y así con los diferentes gases que se encuentran de forma natural en el ambiente, que por actividades del humano han incrementado notablemente.

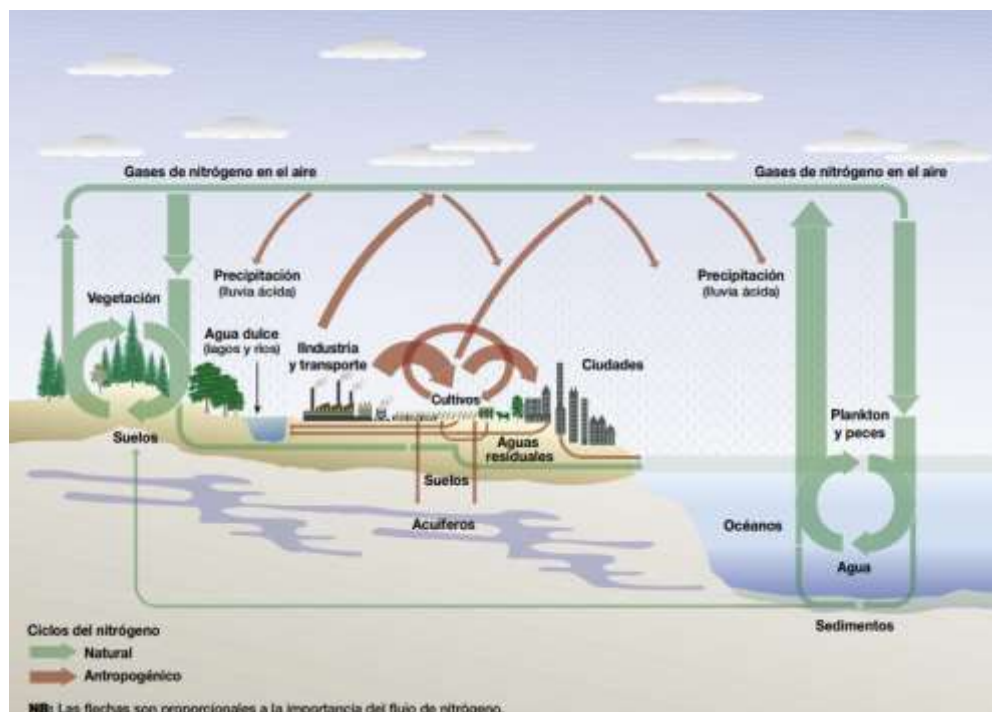


Ilustración 3-2. Ciclo del nitrógeno

Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005a, p.11)

Es evidente que no podemos manejar el cambio climático y fenómenos naturales, pero sí se pueden desarrollar e implementar nuevas tecnologías para minimizar los impactos, por ello el cambio de modelo, pasar de una producción lineal a una circular o verde (Millennium Ecosystem Assessment, 2005a, p.11).

La economía circular o *green economy* se define como resultado de un proceso diseñado, brinda una mejora del bienestar humano y la equidad social, al tiempo que reduce significativamente los riesgos ambientales y carencias ecológicas (UNEP, 2011, pp. 1-4). La economía circular basada en la sostenibilidad favorece una sociedad más eficiente en el uso de los bienes y que utilice como recursos aquellos residuos que no pueden evitarse, cuando técnica y económicamente posible (Humana Portugal, 2019, pp.2-4) se define por el incremento en los tres sectores principales: económico, social y ecológico; las inversiones que son impulsadas por políticas públicas nacionales aumentan y mejoran el capital de la tierra a la vez que se reducen los impactos al ambiente. Una economía circular se convierte en una opción viable y llamativa que en el sector empresarial ya se ha comenzado a implementar mediante indicadores y metodologías (Cerdea y Khalilova, 2021, pp.11-16).

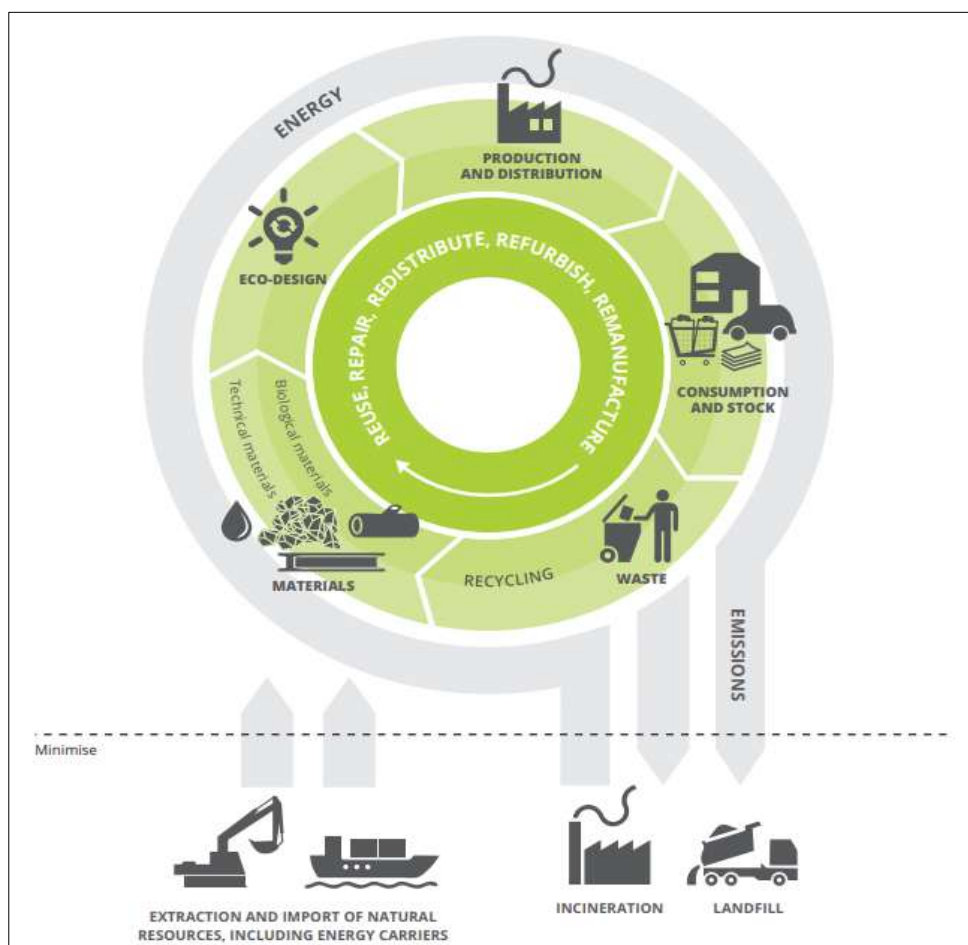


Ilustración 4-2. Modelo simple de economía circular

Fuente: EEA and ETC/WMGE, adapted from EEA (2016) (European Environment Agency (EEA) 2016, p.10)

La idea principal del modelo simple de economía según (Brink, 2012, pp.4-7) es la minimización de materia prima virgen y la generación de basura mediante el ecodiseño, reciclaje y reúso de productos con beneficios económicos y ecológicos; con el uso de tecnologías y energías limpias, la demanda de extracción, procesamiento e importación de combustible fósil disminuirá al igual que las emisiones de gases de efecto invernadero. En la Ilustración 4-2, el círculo exterior representa los flujos de energía generales de todo el ciclo, los parámetros importantes son la eficiencia energética total y la fracción de energías renovables, que aumentará considerablemente con cambio de modelo de economía (European Environment Agency, 2016, pp.9-21). La circunferencia del medio está dividida en cinco: materiales biológicos y técnicos, basura, producción y distribución, almacenamiento y consumo y ecodiseño, que no tienen un orden debido a que todos estos circulan, se busca que todos los productos puedan encajar mediante el reusar, reparar, redistribuir, remanufacturar y restaurar, que se encuentra en el centro del diagrama, conservando al máximo los componentes y productos (European Environment Agency, 2016, pp.9-21).

Cambiar el diseño de economía lineal de producción, uso y desecho, para seguir el paradigma de *cradle to cradle* (Braungart y McDonough, 2005, p.24) traducido al español de la cuna a la cuna con un modelo de economía circular, basándonos que la tierra posee flujos de materiales: nutrientes biológicos y nutrientes técnicos .

El paradigma es efectivo para la ecología y apunta a desarrollar procesos creativos e innovadores, no crear un nuevo producto, sino volverlo circular y eficiente, dirigiendo a la industria y sociedad a reducir, reutilizar y reciclar. Debemos cambiar el pensamiento para lograr la eliminación de basura y que el futura no exista basura, reingresando cada producto final, como materia prima para otro fin (Goddin et al., 2019, p.20).

2.2.13. Desde lo lineal a lo circular

El planeta Tierra posee recursos limitados, el modelo de economía lineal genera altas cantidades de residuos, ya que se ha asociado el desarrollo económico con la utilización de materia prima virgen, el modelo lineal no puede funcionar a largo plazo y existe evidencia de que está llegando a su fin (Goddin et al., 2019, p.22).

La Ilustración 5-2 nos indica la forma en que las comunidades, ciudades y países pueden hacer su transición de economía lineal a circular partiendo de una visión amplia de la situación actual del cambio climático, capital, biodiversidad, los impactos que se están generando al ambiente y a la salud, evaluar la economía actual, la misma que no usa recursos eficientes que aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero en el territorio (Alexander et al., 2012a, p.33-35).

La transición a partir de la actual economía lineal hacia la economía circular se muestra como un proceso paulatino, sin embargo, irreversible, y ocupa un lugar clave en la estrategia industrial (De la Cuesta y Pardo, 2020, p.7).

Para la transición se plantean bloques con temas generales y alcanzar la economía verde:

- Balance entre la economía, aspectos sociales y el ambiente, evitando compensaciones insostenibles

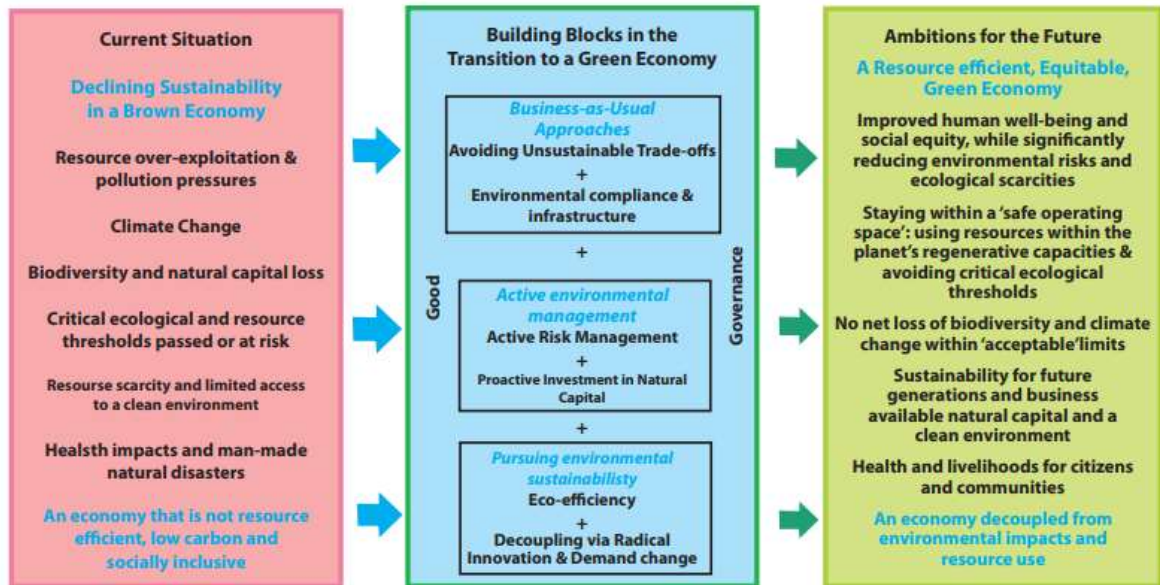


Ilustración 5-2. Transición a la economía circular

Fuente: United Nation Environment Programme (Brink, 2012, p.7)

La mala asignación de capital natural, social, financiero y manufacturado para el desarrollo de una ciudad, usualmente se les da prioridad a unos mientras se desfavorece a otros, por ejemplo el capital social es reducido para satisfacer al capital financiero y es ahí donde se evidencia las compensaciones; si evitamos estas compensaciones y se divide estratégicamente el capital se tendrá mejores beneficios y se reducirán los impactos negativos de decisiones y políticas de inversión, apuntado a subsidios ambientales y uso de herramientas ambientales como la evaluación de impactos ambientales, evaluación estratégica ambiental (Fedrigo-Fazio y Brink, 2012, p.43).

- Infraestructura y cumplimiento ambiental

Establecer políticas, objetivos, metas y medidas es necesario para establecer reglas de juego y definir acciones para alcanzar la economía circular, por ello las políticas deben tener relación entre lo ambiental, económico, innovación e industria, como en varios países se tienen umbrales ambientales y estándares de calidad (Fedrigo-Fazio y Brink, 2012, p.37), por ejemplo Ecuador tiene su normativa para los diferentes componentes: agua, suelo, aire, ruido, donde se establece los límites máximos permisibles (Ministerio del Ambiente, 2015, pp.13-45).

- Manejo proactivo de riesgos

Como consecuencia del cambio climático, aparecen mayores riesgos alrededor del mundo y debido a que es incierto, los científicos son menos exactos para prevenirlos ya que hay cambios no lineales, por lo que lo mejor es hacer estimaciones y evaluaciones generales para evitar desastres mediante una planificación espacial y mapa de riesgos además de medidas e instrumentos, así se evitará la pérdida humana y económica (Fedrigo-Fazio y Brink, 2012, p.37).

- Invertir en capital natural

El capital natural de un lugar debe ser valorado económico y ambiental (Millennium Ecosystem Assessment, 2005b, p.10), por los servicios que brinda a la población, por lo que se debe establecer instrumento y medidas para valorar cada ecosistema y proponer soluciones o políticas para el uso y manejo de esas áreas, por ello en el Millenian Ecosystem Assessment nos proporciona una guía para realzarlo y poder manejar los ecosistemas sustentablemente.

- Eficiencia ecológica

Estrategia de optimización de materiales, uso de recursos para aumentar la competitividad y minimizar los impactos ambientales, esta estrategia se complementa con el consumo sostenible educación ambiental, comercio verde, llevando a una economía para las comunidades eficiente y eficaz (Ministerio de Medio ambiente-Perú, 2010, pp.16-18).

2.2.14. Economía circular y bienestar humano

Para alcanzar la economía circular la cual está basada en la definición de sustentabilidad debe satisfacer y mejorar la calidad de vida de los humanos, pero sin generar impacto en el medio. La Organización de las Naciones Unidas con el planteamiento de los 17 objetivos de desarrollo sostenible (United Nations, 2020, pp.8-25) y el acuerdo de París (Di Pietro, 2017, pp.3-5), ha conseguido que varios países del mundo puedan adoptar medidas de mitigación y adaptación, además de políticas públicas que beneficien a todos.

Las acciones que deben realizar los países para alcanzar y promover todos los objetivos de desarrollo, mitigación y adaptación que son compatibles con el ambiente, se basan en (Ilustración 6-2):

Planning: En todos los niveles de organización se establecen políticas estratégicas que incentiven a los habitantes a seguir y apoyar el desarrollo sostenible, dichas políticas restringen acciones insostenibles

Al igual que las políticas, se plantean planes de a largo plazo involucrando todos los sectores a nivel nacional y subnacional, basándose en evaluaciones de impacto que ayudan como línea base para la toma de decisiones y así hacer estudios de factibilidad de los proyectos mencionados, proporcionando a las mismas retroalimentaciones para la mejora de los proyectos.

Delivery: En la implementación de los proyectos en las naciones del mundo se busca mano de obra y materia prima locales y con ello se hace énfasis en los ODS, estos proyectos brindan a las personas oportunidades de trabajo significativas para el desarrollo económico del sector, conjuntamente con la exposición de conocimientos y habilidades para una mejora en la calidad de vida (Thacker S, et al., 2021, p.26).

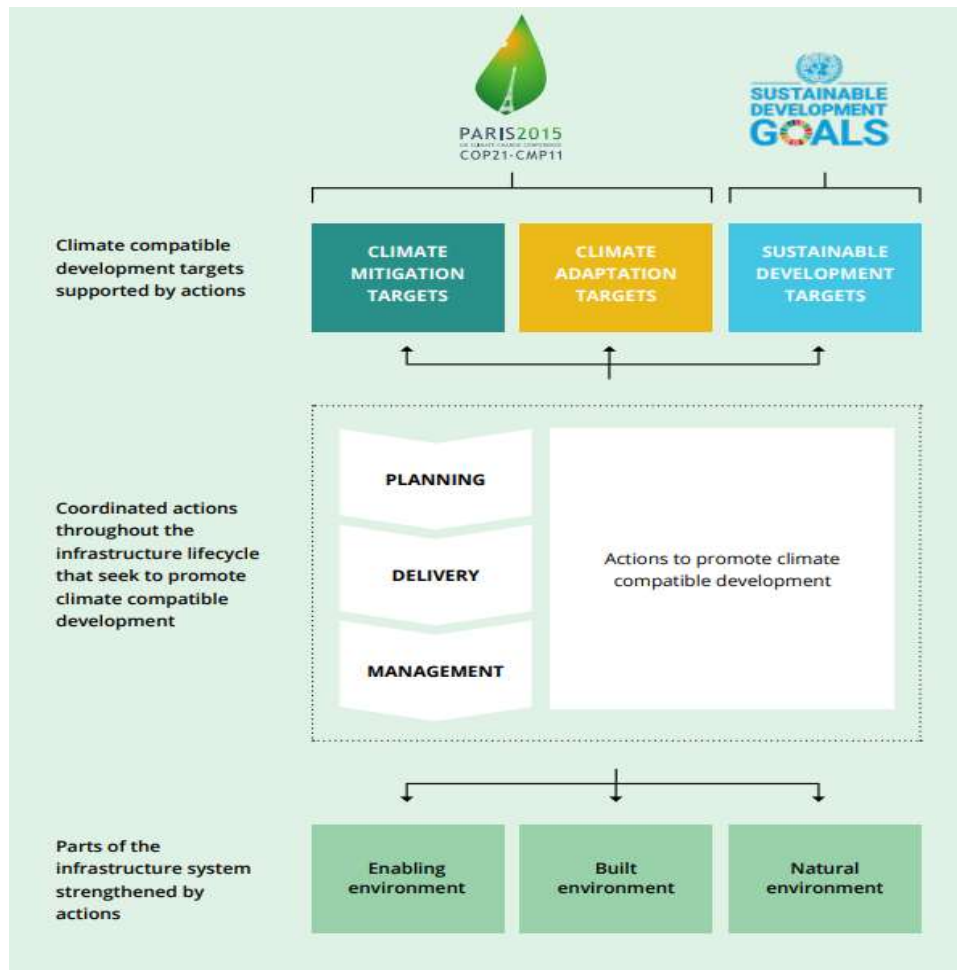


Figura 6-2. Acciones que promueven el desarrollo sostenible

Fuente: Infrastructure for climate action (Thacker S, et al., 2021, p.26)

Management: Los proyectos se llevan a cabo, garantizan el bienestar de los humanos y del ambiente; se comprueba que las medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático implementadas sean efectivas (Thacker S, et al., 2021, p.26). La transición a una economía circular cambiará ampliamente por las características específicas y nivel de desarrollo de cada país que se encuentran en la transición de lineal a circular. Para este proceso los gobiernos en plantear reformas nacionales y desarrollar políticas internacionales infraestructura política y de mercado, los sectores de inversión y reforman serán: energía renovable, tecnologías limpias, edificios

energéticamente eficientes, gestión de residuos, agricultura, ganadería y pesca sostenible, mejora en el agua potable, calidad del suelo y aire.

Estas inversiones y reformas de políticas como se menciona en el artículo de historia exitosas de la iniciativa de economía circular (UNEP, 2022, p.1), proporcionan mecanismos y financiación para la reconfiguración de negocios, esto aumentará la proporción de sectores verdes en el Producto Interno Bruto, empleos verdes, menor uso de recursos, consecuentemente la disminución de desechos, contaminación, y emisiones significativamente más bajas de gases de efecto invernadero. Otro efecto de este cambio es la reducción de la pobreza mediante transferencias de riqueza específicas, nuevos empleos y un mejor acceso al flujo de bienes y servicios de los ecosistemas a la base de la pirámide económica (Sukhdev, Stone y Nuttall, 2010, pp.4-7).

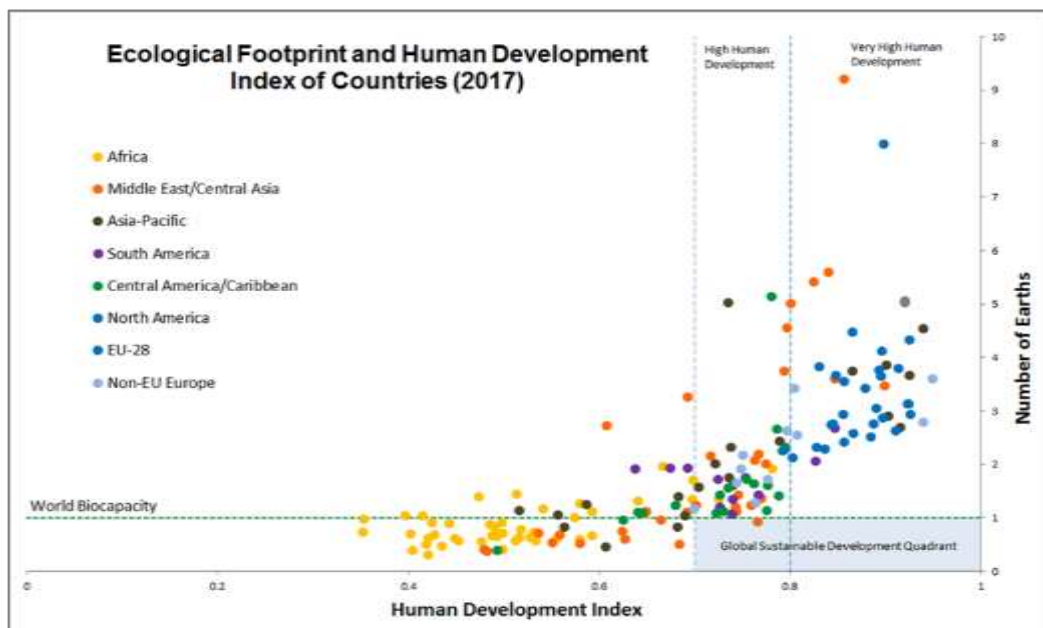


Ilustración 7-2. Desarrollo humano y huella ecológica

Fuente: The Ecological Wealth of Nations (Global Footprint Network, 2016, p.13)

En el mundo se observa notablemente el desarrollo de diferentes países versus otros que se han mantenido y en ocasiones disminuyó su nivel de desarrollo. Los países desarrollados brindan bienestar y su nivel de desarrollo es alta, sin embargo han sacrificado la calidad del ambiente, registrando niveles altos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero y contaminación de los componentes bióticos y abióticos, por lo tanto su principal desafío es disminuir su huella ecológica (Ilustración 7-2), al contrario de países en vías de desarrollo que a pesar de poseer huellas ecológicas per cápita relativamente bajas, necesitan brindar mejores servicios y bienestar material a sus habitantes (UNEP, 2011, pp.1-4).

2.2.15. Principios de la economía circular

Lo que busca la economía circular es conservar el ambiente mientras se generan réditos económicos, lo que lo convierte en un paradigma según Porcelli y Martínez (2018, pp.1069-1090) que se basa en tres principios importantes la economía circular:

1. El diseño del producto no debe contener contaminación y residuos
2. Permanencia de materiales y productos en uso
3. Energía proveniente recursos renovables y regeneración de sistemas naturales

2.2.16. Diagrama de mariposa

La economía circular apunta a la reconstrucción del capital financiero, manufacturado, humano, social o natural. El diagrama sistémico presenta el flujos mejorados de materiales técnicos y biológicos mediante el círculo de valor (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p.2).

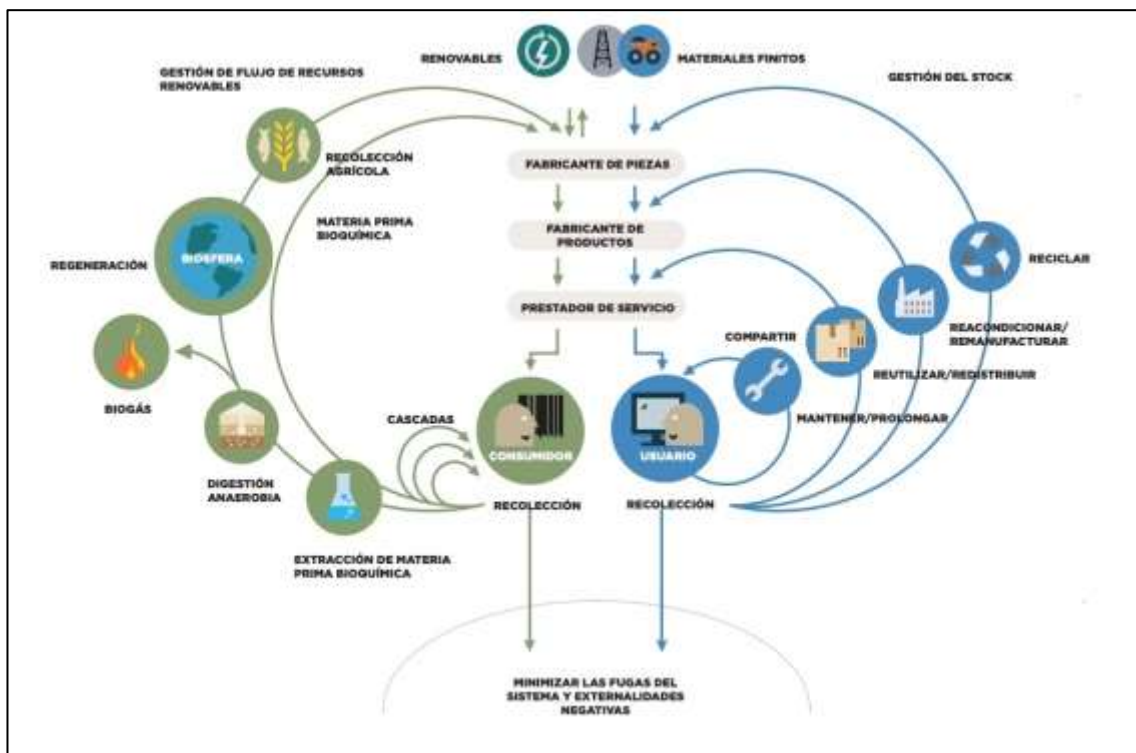


Ilustración 8-2. Diagrama sistemático

Fuente: (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p.2)

El diagrama de mariposa minimiza la extracción de materia prima virgen, las fugas y efecto externo negativa, por ello en la actualización de la Fundación MacArthur dividieron a este en dos

ciclos: ciclo técnico y ciclo biológico, ampliando la dimensión de evaluación y cerrando completamente el bucle (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p.2).

El ciclo biológico propone la extracción de materia prima de manera bioquímica, digestión anaerobia de residuos, consecuentemente la producción de biogás, gestionando el flujo de los recursos para la regeneración de la biosfera (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p.2).

Este diagrama se ha modificado hasta el final que se observa en la Ilustración 8-2, con la ayuda de varias organizaciones enfocadas en la transición de lineal a circular.

2.2.17. Cadena de valor

La cadena de valor empieza por la extracción de materiales vírgenes de fuentes no renovables y termina en incineradoras o vertederos; el modelo de economía circular busca que en la cadena de valor estos puntos iniciales y finales se minimicen y dentro de esta cadena maximizar el valor creado (Jiménez et al., 2019, p.200).

2.2.18. Indicador de circularidad de material

El indicador de circularidad del material con sus siglas MCI enfocado en un producto calcula el porcentaje en que se ha minimizado el flujo lineal y maximizado el flujo restaurativo de los materiales que componen el producto, además del tiempo e intensidad. Es decir, por ejemplo, que la materia prima reciclada no tiene que provenir del mismo producto, sino que puede obtenerse en el mercado abierto.

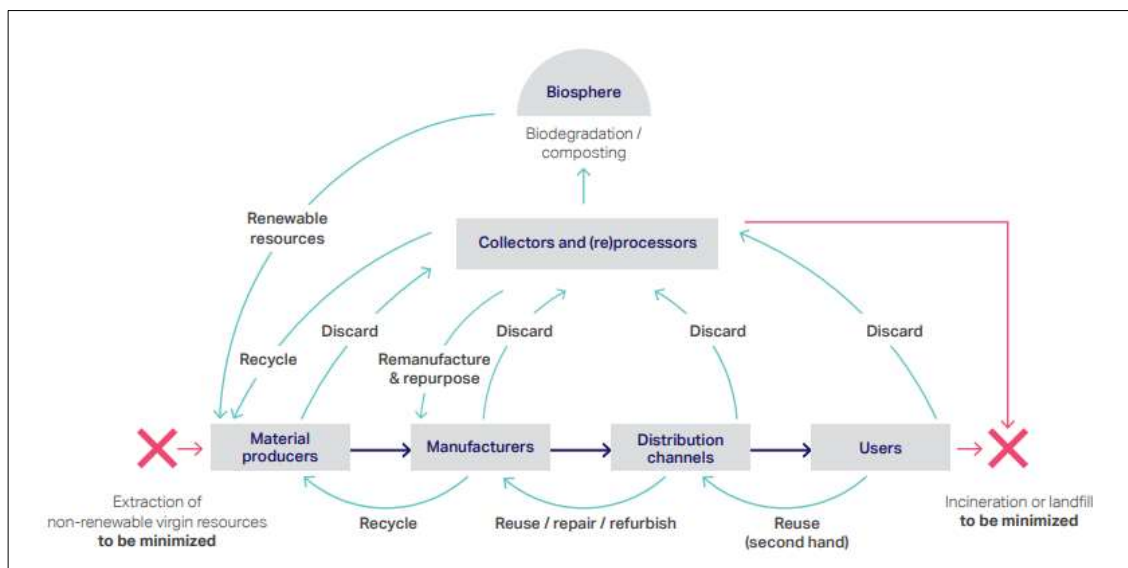


Ilustración 9-2. Representación simple de recuperación en una cadena de valor

Fuente: Metrics for business by business final V2 (World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2021, p.14)

Esta es una característica deliberada y refleja la base de la metodología en el flujo másico dentro del sistema del producto (Ilustración 9-2), cuyo cálculo es el mismo independientemente de si se trata de un circuito abierto o cerrado. Como producto lineal tenemos el ejemplo de la extracción de materia prima virgen de cualquier producto que se fabrique y este termine en un vertedero al final de su ciclo de uso considerándose un producto totalmente "lineal", por lo contrario, si la materia prima es recolectada completamente para reciclar o reutilizar el 100% se empieza a hablar de circularidad. En el contexto real, los productos se ubicarán en algún lugar entre estos dos extremos y el MCI mide el nivel de circularidad en el rango de 0 a 1. El MCI se construye esencialmente a partir de una combinación de tres características del producto (Goddin et al., 2019, pp.49-51):

1. Masa de materia prima virgen utilizada en la fabricación
2. Masa de desechos irrecuperables que se atribuye al producto
3. Factor de utilidad que explica la duración y la intensidad del uso del producto.

Un ejemplo de circularidad de un producto lo observamos en la Ilustración 10-2 donde se expone las diferentes etapas y qué actividades se pueden realizar para que la materia prima no termine en vertederos.

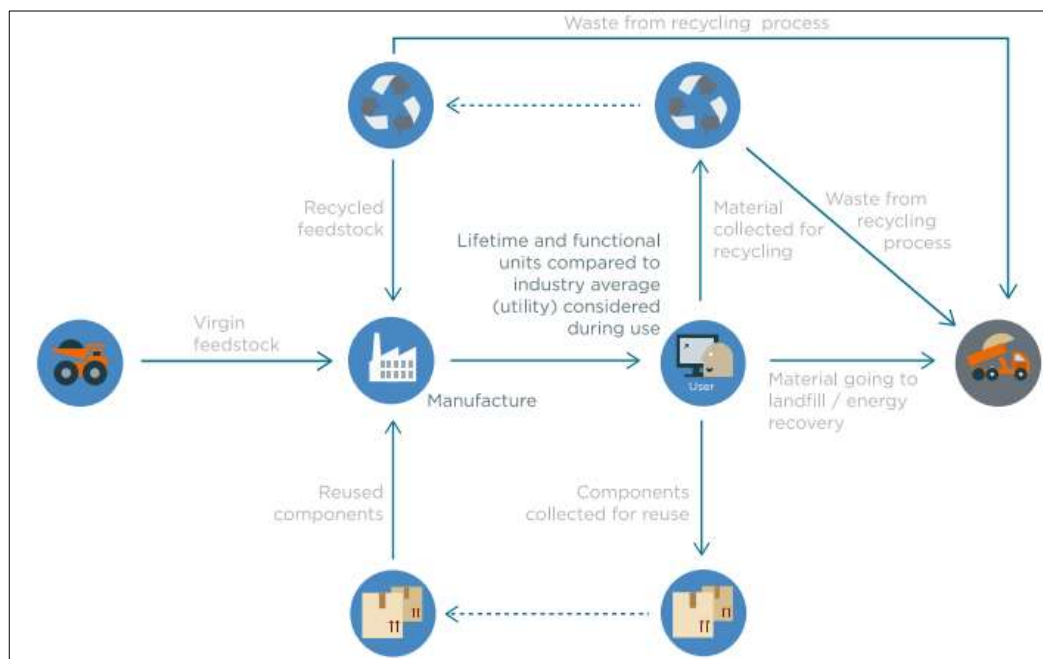


Ilustración 10-2. Circularidad de material

Fuente: Indicadores de Circularidad (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p.5)

2.2.19. Indicador de circularidad del agua

El desarrollo de la métrica de la circularidad del agua fue el resultado de una colaboración entre el grupo de trabajo WBCSD Factor10 Circular Metrics y el Proyecto Global Water Solutions de

WBCSD y BIER (Beverage Industry Environmental Roundtable), quienes unieron su experiencia para desarrollar un conjunto sólido y significativo de indicadores para evaluar la circularidad de agua a nivel de la instalación. WBCSD y BIER ofrecen orientación complementaria y una herramienta de métricas de circularidad del agua que proporciona más detalles granulares y orientación sobre los indicadores del agua (Ilustración 11-2).

El Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible enfoca al servicio ecosistémico agua como material con características locales. El agua que emerge de la cuenca hidrográfica se cree perdida, ya que no puede brindar a nivel local el servicio. Con el indicador no solo se trata de optimizar el uso del agua, teniendo en cuenta donde se podría adicionar un valor adicional ya sea: reutilización / reciclaje interno o externo, además de esa reducción es un aspecto clave en la circularidad para proteger el ciclo de gestión de la naturaleza (World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2021b, p.4).

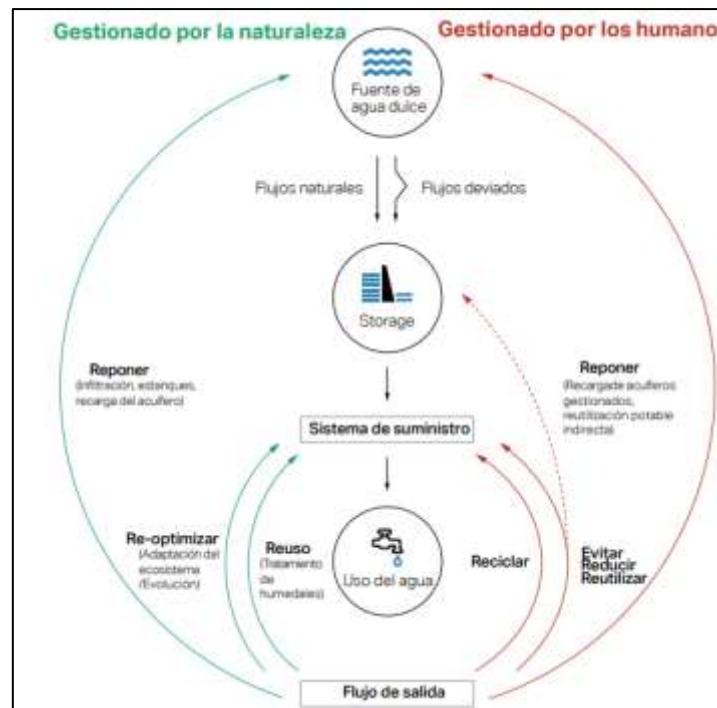


Ilustración 11-2. Diagrama de mariposa del agua

Fuente: Métrica de circularidad de agua (World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2021b, p.6)

2.2.20. Estructura *DISRUPT* para la economía circular

Es una estructura que se desarrolló con base a elementos claves, investigación y casos de estudios, además de expertos en economía circular con diferentes enfoques: textil, entorno construido y reportes de circularidad.

Los elementos claves se basan en la dinámica de los sistemas (Ilustración 12-2), que busca la transformación de los procesos. DISRUP direcciona a la transformación, donde el primer nivel corresponde a elementos de la economía y el tercer nivel son estrategias para el producto a emprender (Circle Economy, 2011, pp.1-6).

Cada letra de las siglas es un componente de esta estructura que ayuda para el paso de un proceso lineal a uno circular, las letras hacen referencia a:



Ilustración 12-2. Elementos clave de la economía circular

Fuente: The Disrupt Framework (Circle Economy, 2011, p.3)

- **D:** Diseño de reducción de basura, ciclabilidad y durabilidad.
- **I:** Incorporación de Tecnología digital, datos y plataformas
- **S:** Sostenibilidad y preservar, maximizando el tiempo de vida de los productos en uso, después de su uso y de manera biológica
- **R:** Repensar el modelo de negocios, del producto y el servicio.
- **U:** Usar los residuos como recurso, valorando las líneas de residuos para cerrar el bucle
- **P:** Priorizar recursos regenerativos provenientes de materiales, agua y energía
- **T:** Comunicación con colaboradores y partes interesadas (Circle Economy, 2011, p.3).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación del proyecto

La investigación se llevó a cabo en la parroquia San Juan ubicada en la ciudad Riobamba, limita al norte con la parroquia San Andrés, al sur con la parroquia Villa la Unión, al este la parroquia Calpi y al oeste con la provincia de Bolívar; la población a estudiar es: comunidad Chorrera-Mirador y asociación Pulingui-San Pablo que se encuentran en la zona alta de la parroquia (Ilustración 13-3), con coordenadas geográficas UTM WGS 84 17S (tabla 1-3).

Tabla 1-3. Coordenadas geográficas

UTM WGS 84 17S	Chorrera-Mirador	Pulingui-San Pablo
Latitud	740815	750240
Longitud	9830569	9826838

Elaborado por: Vasco, I.; Verduga, C; GIDAC, 2022.



Ilustración 13-3. Mapa de ubicación

Elaborado por: Vasco, I.; Verduga, C; GIDAC, 2022.

3.2. Población de estudio

La población de estudio corresponde a la comunidad Chorrera-Mirador y asociación Pulingui-San Pablo, a partir de los cuales se obtuvo la información necesaria para el análisis de los componentes del lugar y diseño del modelo de economía circular.

3.3. Tamaño de la muestra

El tamaño de muestra es la población de estudio, son todos los habitantes de la comunidad y asociación:

- Pulingui-San Pablo: 153 habitantes.
- Chorrera- Mirador: 82 habitantes.

3.4. Método de muestreo

El método de muestreo elegido para la presente investigación fue entrevista informal semiestructurada a los actores claves de Pulingui-San Pablo (PSP) y Chorrera-Mirador (CM) y mediante el contacto instituido se invitó a los habitantes de la comunidad a ser partícipes de la valoración de los servicios.

3.5. Estado actual de los componentes

Los servicios ecosistémicos de abastecimiento son: agua dulce, recursos medicinales, materia prima y alimentación, las comunidades toman estos servicios ecosistémicos de la naturaleza que se encuentra limitando la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

Se realizaron recorridos a las comunidades para evaluar de forma visual y mediante entrevistas semiestructuras los servicios ecosistémicos.

3.5.1. Agua dulce

La fuente de agua de la asociación Pulingui-San Pablo y la comunidad Chorrera-Mirador proviene del deshielo del volcán Chimborazo, cada población capta su agua en un punto diferente.

Se realizó la muestra 1 (M1) y la muestra 2 (M2), los cuales se presentan en la tabla 1-3:

Tabla 2-3. Puntos de monitoreo

Nombre	Detalle	Coordenadas	
		X	Y
Asociación Pulingui-San Pablo (PSP)	M1-PSP: Punto de captación	739440	9832168
	M1.1-PSP: Tanque de distribución	740261	9831397
	M1.2-PSP: Llave domiciliaria	740507	9830483
Comunidad Chorrera-Mirador (CM)	M2-CM: Punto de captación	740926	9831569
	M2.1-CM: Llave domiciliaria	740852	9830518

Elaborado por: Vasco, I.; Verduga, C; GIDAC, 2022.

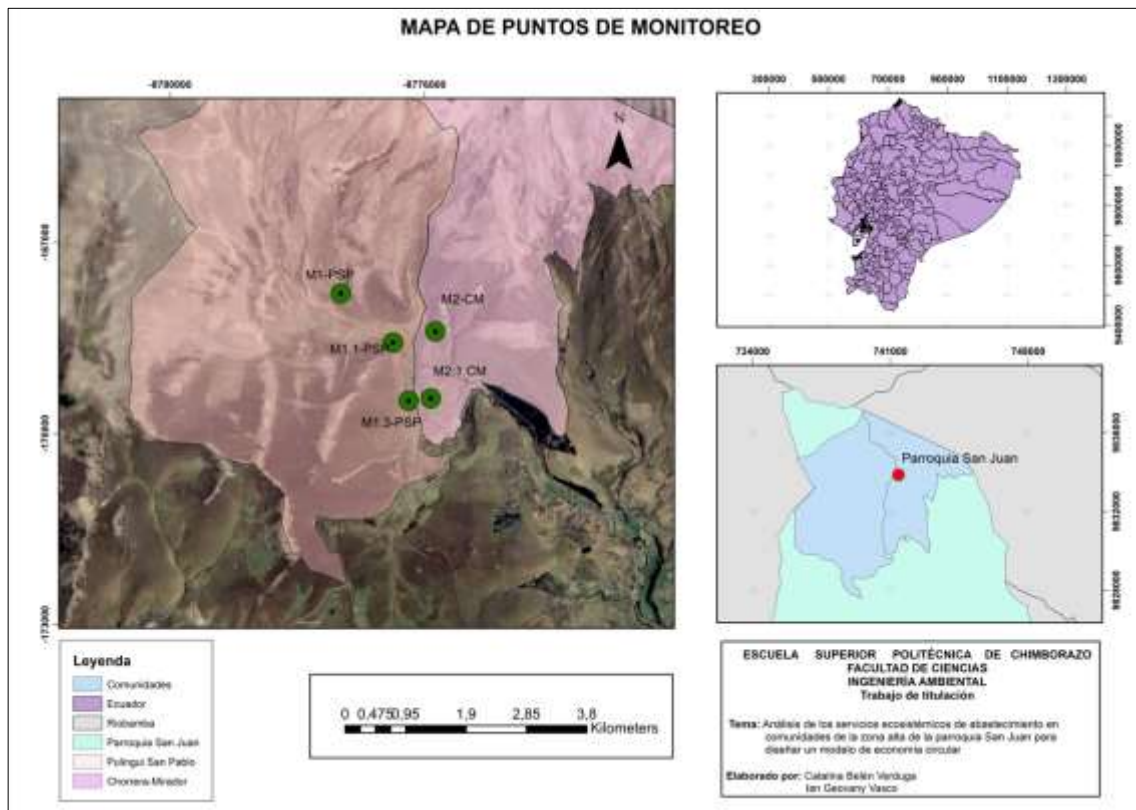


Ilustración 14-3. Puntos de monitoreo

Elaborado por: Vasco, I.; Verduga, C; GIDAC, 2022

Sin previo tratamiento esta agua es usada para uso doméstico, uso agropecuario y actividades de recreación e industria, por lo tanto, se tomaron 3 muestras de 100 mL en recipientes esterilizados para el análisis de coliformes fecales y totales en laboratorio, de acuerdo al protocolo de muestreo y conservación de muestras Standard Methods 901, ambos métodos se detallan en la tabla 3-3. En cada punto (Ilustración 14-3) se midió in situ los siguientes parámetros y se obtuvo los siguientes datos (tabla 2-3):

Tabla 3 -3. Parámetros in situ y laboratorio

Lugar de muestreo Parámetros	M1-PSP (Punto de captación)		M1.1-PSP (tanque reservorio)		M1.2-PSP (Casa Cóndor)		M2-CM (Punto de captación)		M2.1-CM (Llave domiciliaria)	
	Temperatura (°C)	9,1	9,1	10,3	8,6	8,9	8,9	15,4	15,8	21,4
pH	8,14	8,4	8,19	7,92	7,7	7,62	7,6	7,61	6,71	7,69
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	151,7	145,7	103,2	102,5	103,1	102	145	122	106	98
Sólidos Disueltos (ppm)	78	82	54	48	48	48	78	59	35	32
Oxígeno Disuelto	52,7	51,5	71,2	78,7	87,1	92	81,1	88,3	77,6	73,7
Humedad relativa del ambiente (%)	99		98		100		58		49	
Velocidad del viento(m/s)	Máx.	5,5	6,9		2,2		5,2		1,9	
	Med.	3,23	3		1,7		2,4		1,7	
	Mín.	1	2,5		1,9		1		1,5	
Coliformes fecales	0		0		0		1		0	
Coliformes totales	128		0		53		0		0	

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Adicionalmente se tomó 3 muestras para determinación de alcalinidad total, nitratos, nitritos, sulfatos, hierro total y fosfatos, siguiendo el protocolo de muestreo y conservación de muestras Standard Methods 1060 para análisis físico-químicos. Los métodos se detallan en la tabla 3-3 y se describen a continuación:

3.5.1.1. Determinación de carbonatos

La determinación de carbonatos en el laboratorio se realizó por titulación, mediante una solución valorada de H₂SO₄, con tres puntos de equivalencia indicados por medio del cambio de color utilizando cinco o seis gotas de naranja de metilo 0.1% como indicador. Los indicadores son sustancias que cambian de color a un dado valor de pH, lo que se conoce como punto de equivalencia, lo cual nos permite estimar el pH de una solución. La técnica consiste en ir agregando tres gotas valoradas de H₂SO₄ a la muestra de agua en la cual se agregó el indicador mencionado y se toma el volumen de H₂SO₄ en el momento que cambia de color la muestra. Esto permite calcular la concentración de carbonato.

3.5.1.2. Determinación de nitratos

Se determinó la reacción coloreada con difenilamina para obtener una comparación visual con el cual se pudo leer el resultado de la medición en el Erlenmeyer de prueba, en base a una escala de colores estandarizada. El método de la Difenilamina consiste en la determinación indirecta de la presencia de nitratos por la reconstitución a partir de éstos del HNO_3 que reacciona con la difenilamina provocando un cambio de color de la misma. Esta reconstitución se logra mediante el agregado de H_2SO_4 que, al ionizarse en el medio, compite con las sales derivadas del HNO_3 .

3.5.1.3. Determinación de nitritos

Se determinó la formación de un colorante azo púrpura rojizo por el método colorimétrico 4500- NO_2 -B, se introdujo la muestra en el espectrofotómetro para obtener la recta la concentración comparada con la absorbancia frente a los patrones de interpolación. En este método se usa gránulos de cadmio tratado con sulfato de cobre hasta formar una cubierta de cobre, el nitrito producido de esta manera se determinó por diazonización con sulfamida junto con N-(1_naphthyl) ethylenediamine hasta formar un complejo azo altamente coloreado que es medido espectrofotométricamente.

3.5.1.4. Determinación de sulfatos

Se determinó sulfatos por medio del método nefelométrico recomendado en un tiempo de seis minutos. En un medio de ácido acético se precipita el sulfato y se mezcla con el ión Ba^{2+} , de modo que formó cristales de sulfato de bario (BaSO_4), los que se pudo medir la absorbancia mientras se mantuvieron en suspensión.

3.5.1.5. Determinación de hierro total

Se mezcla la muestra y se pipetea los 50 ml en un Erlenmeyer de 100 cm^3 , posteriormente se añade 2 ml de HCl y 1 ml de la solución de hidroxilamina. El hierro se disuelve y se reduce a estado ferroso por ebullición hasta que llegue a 15-20 ml, se deja enfriar para pasar la solución a un matraz volumétrico de 50 ml o 100 ml. Se hace reaccionar con 4 ml de la solución de fenantrolina a pH 3.2 – 3.3 y 10 ml de solución tampón de acetato de amonio se forma un complejo de color anaranjado rojizo que obedece a la ley de Beer's. Un pH entre 2.9 y 3.5 asegura un rápido desarrollo de color en presencia de un exceso de fenantrolina. Por último, se mezcla perfectamente y se deja reposar por 10-15 minutos.

3.5.1.6. Determinación de fósforo total

Mida 25 ml de cada una de las soluciones estándar y colóquelas en diferentes tubos de ensayo rotulados previamente. Se agrega la solución de molibdato de amonio a cada tubo, posteriormente se adicionan 3 gotas de la mezcla de cloruro estañoso en glicerol a cada tubo y se agita hasta su homogeneización total. Dejar reaccionar las soluciones, hasta la obtención de una coloración azul y se realizó las lecturas de absorbancia. Las lecturas se miden calculando los ortofosfatos por medio de una calculadora online.

3.5.1.7. Determinación de coliformes totales y fecales

Filtrar la muestra en un plato de cultivo (50x10mm), a través de un filtro de membrana de 0,65 micras al vacío. Colocar la membrana en agar mfc que contenga azul de anilina como indicador e incubar a $44,5 \pm 0,2$ C durante 22-24 h. Las colonias que tienen varios tonos de azul son positivas para coliformes fecales, el color azul indica la capacidad de fermentar la lactosa en ácido.

3.5.1.8. Determinación de sólidos totales disueltos

Se colocó la muestra en el recipiente para sumergir el electrodo sensible Hach para sólidos totales disueltos, con eso se tomó la lectura de la materia disuelta.

3.5.1.9. Determinación de la turbidez

Se agitó suavemente la muestra hasta que desaparezcan las burbujas, se vierte la muestra en la celda. Se sumergió en un baño ultrasónico durante 1 a 2 segundos, posteriormente se aplica desgasificación al vacío, lo que causa la liberación completa de burbujas. El resultado de la turbidez aparece directamente desde la pantalla del instrumento.

3.5.1.10. Determinación del oxígeno disuelto

Se adicionó una solución de manganeso divalente a la muestra, seguido de una base fuerte (yoduro de potasio), para obtener un precipitado de hidróxido manganeso

3.5.1.11. Determinación de pH

Se siguió las instrucciones del medidor de pH para la preparación de los electrodos, se tomó una muestra para colocar el electrodo, posteriormente retirarlo y enjuagarlo para colocarlo en una solución tampón inicial que establece el punto isopotencial.

3.5.1.12. Determinación de temperatura

Se tomó la muestra sobre dos tipos de temperatura in situ, la primera fue la T° del agua y por siguiente la T° ambiental. Por medio del electrodo del multiparámetro se toma la lectura, posteriormente para el cálculo se utiliza la diferencia entre la T° ambiental menos la T° del agua.

3.5.1.13. Determinación de conductividad

Se mide la conductancia de una solución estándar de KCl y, a partir del resultado se calculó la constante de celda. El método in situ se determinó con un equipo multiparámetros que brinda la respuesta relativa en ese momento.

A continuación, se detalla el nombre oficial del método utilizado para el análisis físico-químico y microbiológico del agua para la zona de estudio:

Tabla 4-3. Métodos de análisis físico-químicos y microbiológicos del agua

Método	Parámetro
Standard Methods No. 9222 D y 92221	Coliformes totales y fecales
Standard Methods 2540B	Sólidos totales disueltos
Standard Methods No 4500-NO ₂ -B	Nitratos (NO ₃ ⁻)
Standard Methods No 4500-NO ₃	Nitritos (NO ₂ ⁻)
Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC	Fosfatos (PO ₄ ³⁻)
APHA Method 4500-SO ₄ ²⁻	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)
Standard Methods No 4500-O B	Oxígeno Disuelto
Standard Methods: 4500-H+B: pH	pH
Standard Methods: 2510- C	Conductividad
Standard Methods: 3500-Fe IRON	Hierro total
Standard Methods Ed.22 4500	Temperatura
Método 2130A. Nefelométrico	Turbidez

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Mediante espectroscopia y análisis de las muestras en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 5 -3. Parámetros analizados en laboratorio

Lugar de muestreo	M1.1 -PSP	M2-CM	M2.1-CM
Análisis			
Nitritos	0,08	0,08	0,06
Nitratos	3,5	3,8	3,8
Carbonatos	0,3	0,5	0,35
Fosfatos	0,70	0,78	0,86
Sulfatos	13	27	27
Hierro total	0	0	0
Turbidez	0,9	0,8	0,77

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Para el cálculo del índice de calidad nos basamos en la fórmula planteada por la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos (NSF) (Abbasi & Abbasi, 2012, pp. 9-18). Este se basa principalmente en un método de agregación de suma aritmética ponderada, que transforma los valores por medio de curvas funcionales producidas por el método Delphi.

$$ICA = \sum_{i=1}^n w_i * SL_i$$

Ecuación 1-3. Método Delphi

En donde w_i es el peso relativo del parámetro i , n es el número de parámetros que se utilizan (en este caso 9) y SL_i es el subíndice de calidad del parámetro i . Para determinar los subíndices de cada parámetro se trabajó con curvas funcionales determinadas por la NSF. En la tabla 4-3. Se muestran los pesos relativos del índice de calidad NSF.

Tabla 6-3. Pesos relativos NSFF

Parámetro de calidad	w_i
% Saturación de oxígeno disuelto	0.17
Coliformes fecales	0.16
pH	0.11
Demanda bioquímica de oxígeno	0.11
Nitratos	0.1
Fosfatos	0.1
Cambio en la temperatura	0.1
Turbiedad	0.08
Sólidos disueltos totales	0.07

Fuente: (Borrero García y Husserl, 2016, pp.3-5)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Los pasos a seguir para calcular los (Sub_i) del Índice de Calidad General son:

- Si los coliformes fecales superan 100,000 UFC/100mL tiene un puntaje de 3. Si es menor de 100,00 UFC/100mL, se debe buscar el valor en el eje de la (X) de la Ilustración 15-3 e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (SNET, 2018, pp.1-9).

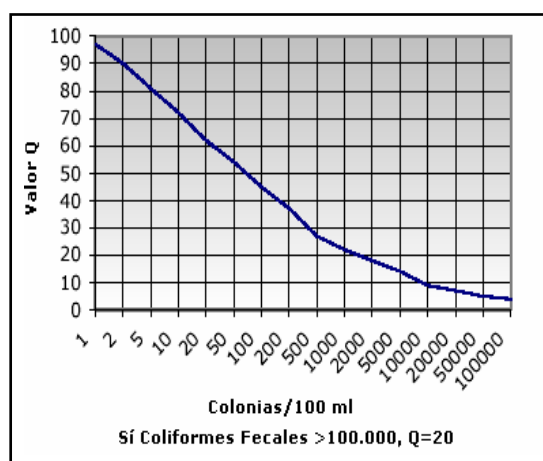


Ilustración 15-3. Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales

Fuente: (INSF, 1980, pp.44-45)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

- Si el valor de pH esta entre 2 y 10 se debe buscar el valor en el eje de la (X) de la Ilustración 16-3 e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (SNET, 2018, pp.1-9).

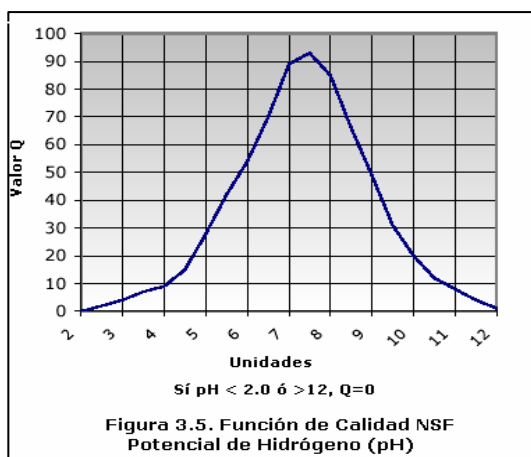


Ilustración 16-3. Valoración de la calidad de agua en función del pH

Fuente: (INSF, 1980, pp.44-45)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

- Si los Nitratos son mayores a 100 mg/L el puntaje es igual a 2. Si los Nitratos son menores a 100 mg/L se debe buscar el valor en el eje de la (X) de la figura 17-3 e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (SNET, 2018, pp.1-9).

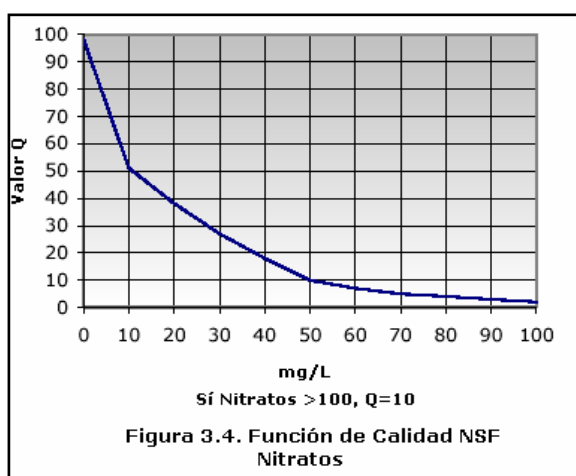


Ilustración 17-3. Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno.

Fuente: (INSF, 1980, pp.44-45)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

- Si los Fosfatos son mayores a 10 mg/L es 5. Si los Fosfatos son menores a 10 mg/L se debe buscar el valor en el eje de la (X) de la Ilustración 18-3 e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (SNET, 2018, pp.1-9).

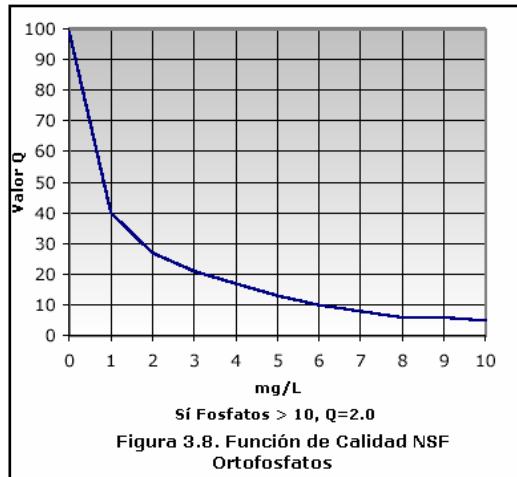


Ilustración 18-3. Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo.

Fuente: (INSF, 1980, pp.44-45)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

- Para la Temperatura primero se debe calcular la diferencia entre la T° ambiente y la T° muestra, si el valor de la diferencia es mayor de 15°C el puntaje es igual a 9. Si el valor es menor de 15°C, se debe buscar el valor en el eje de la (X) de la Ilustración 19-3 e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (SNET, 2018, pp.1-9).

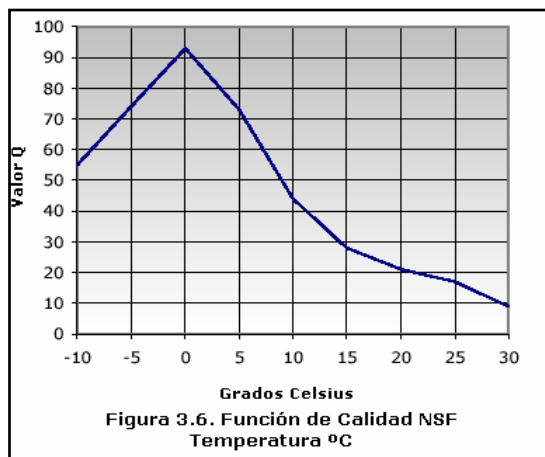


Ilustración 19-3. Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura.

Fuente: (INSF, 1980, pp.44-45)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

- Si el valor de la Turbidez es mayor de 100 NTU es 5. Si la Turbidez es menor de 100 NTU, se debe buscar el valor en el eje de la (X) de la Ilustración 20-3(SNET, 2018, pp.1-9).

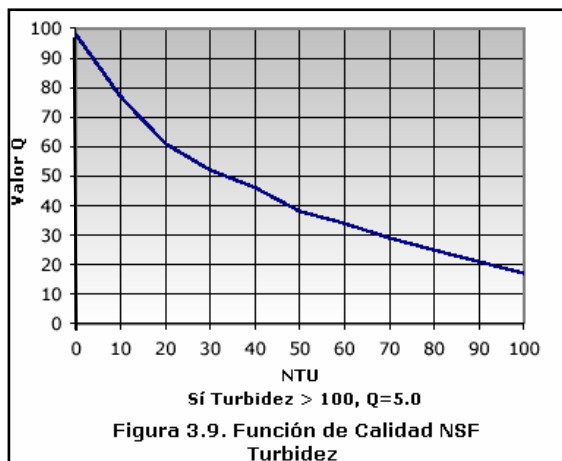


Ilustración 20-3. Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.

Fuente: (INSF, 1980, pp.44-45)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

- Si el valor de los Sólidos Disueltos Totales es mayor de 500 mg/L es 3, si es menor de 500 mg/L, se debe buscar el valor en el eje de la (X) de la Ilustración 21-3 e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (SNET, 2018, pp.1-9).

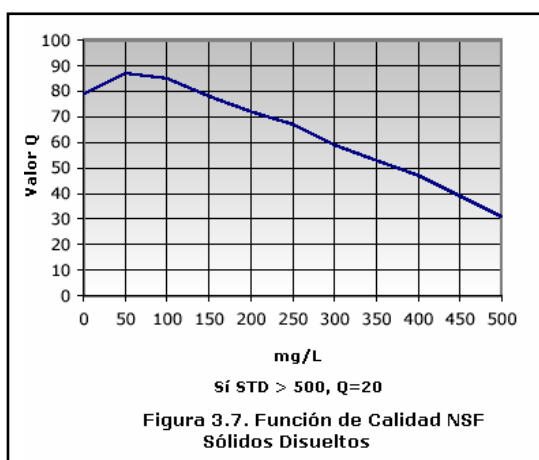


Ilustración 21-3. Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total.

Fuente: (INSF, 1980, pp.44-45)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022

- Cuando el % de Saturación de OD es mayor de 140% el puntaje es igual a 47. Si es menor del 140% de Saturación de OD se debe buscar el valor en el eje de la (X) de la ilustración 22-3 e interpolar con el valor en el eje de la (Y) (SNET, 2018, pp.1-9).

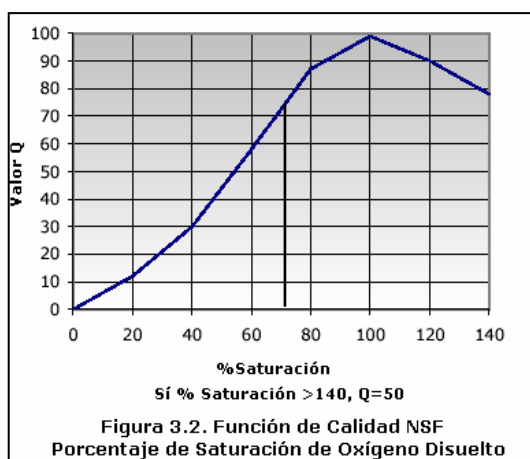


Ilustración 22-3. Valoración de la calidad de agua en función del % Saturación de Oxígeno

Fuente: (INSF, 1980, pp.44-45)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Los valores encontrados se proceden a multiplicar con los de pesos (W_i) de la tabla 4-3. Posteriormente de calcular el índice de calidad para el punto de muestreo, este se comparó con los rangos de clasificación de la calidad del agua (tabla 5-3), en donde se tiene que:

Tabla 7-3. Clasificación de la calidad del agua

Rango	Clasificación
0-25	Muy mala
26-50	Mala
51-70	Media
71-90	Buena
91-100	Excelente

Fuente: (Borrero García y Husserl, 2016, pp.3-5)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

3.5.2. *Materia prima*

Los habitantes de la comunidad CM y asociación PSP son los principales interesados en la conservación de la flora y fauna, las mujeres indígenas para ser parte de la conservación conformaron el grupo de mujeres artesanas por el cambio climático, teniendo en cuenta el cuidado ambiental, las mujeres artesanas generan ingresos a partir de la elaboración de artesanías, usando como materia prima la lana de alpaca, animal nativo de la zona.

3.6. Circularidad de servicios ecosistémicos de abastecimiento

Con base a las actividades socioeconómicas más relevantes de las comunidades se procedió a calcular el porcentaje de circularidad del agua y circularidad del material fibra de animal, mediante la metodología propuesta por WBCSD para el servicio ecosistémico agua y la metodología Ellen MacArthur para el servicio ecosistémico fibra.

3.6.1. Circularidad del agua

El agua dulce es un servicio ecosistémico vital para el desarrollo, está presente de manera finita por ello es de vital importancia usarla de manera responsable y aplicar cuantos principios circulares sea posible, por lo cual es necesario evaluar la circularidad del agua a nivel local para un área de captación de agua. Esto determina la disponibilidad real de agua para las comunidades. El propósito de la circularidad del agua es reducir la demanda de agua dulce y garantizar la disponibilidad de recursos hídricos para todos (WBCSD, 2021, p.40).

3.6.1.1. Indicador de entrada

Este indicador determina la circularidad total de toda la entrada de agua durante un período de tiempo. Su fórmula es el siguiente:

$$\% \text{ de entrada de agua} = \frac{Q \text{ total de extracción de agua circular}}{Q \text{ total de extracción de agua}} * 100$$

Ecuación 2-3. Porcentaje de entrada de agua

Donde:

Q= caudal

%= porcentaje

Debido a que los habitantes de la comunidad no cuentan con dichos datos, se mide la circularidad del agua entrante mediante el siguiente árbol de decisión:

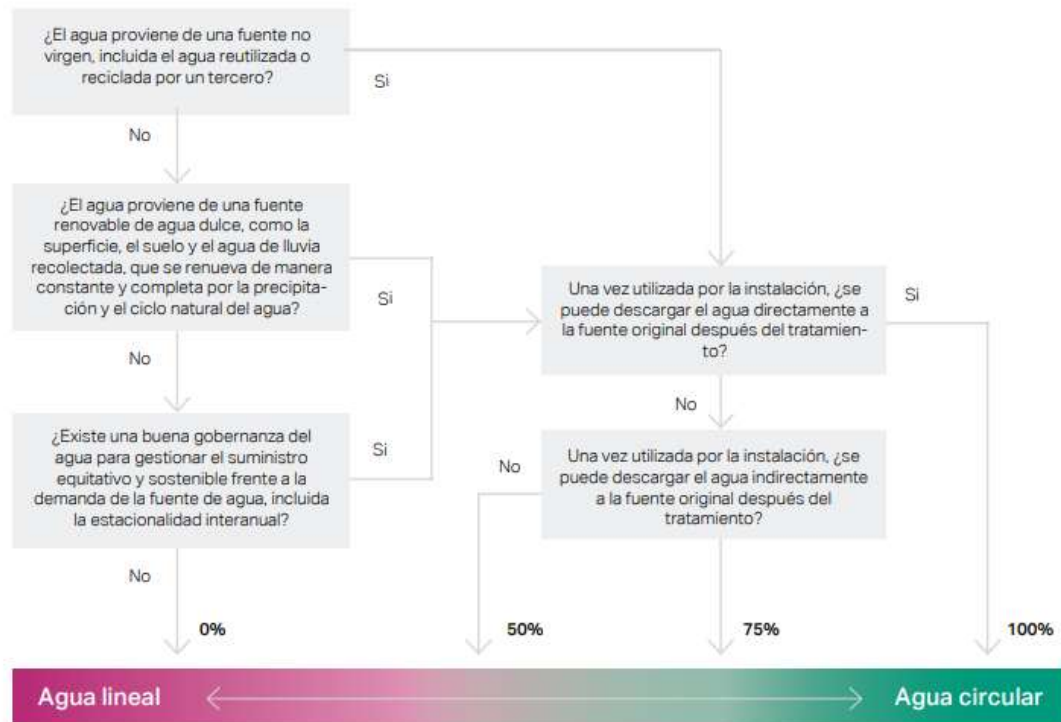


Ilustración 23-3. Árbol de decisión-agua de entrada

Fuente: Circular Transition Indicators V2.0 (World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2021, p.42)

3.6.1.2. Indicador en sitio

La circularidad del sitio es el caudal total de agua que se reutiliza en el sitio, la ecuación 3-3, se utiliza cuando se tiene la documentación requerida del proceso en el sitio, debido a que se carece de esa información nos basamos en la ilustración 23-3 e ilustración 24-3.

$$\text{Veces de circulación} = \frac{Q_{\text{uso de agua}} - Q_{\text{total de extracción de agua}}}{Q_{\text{total de extracción de agua}}} + 1$$

Ecuación 3- 3. Número de circulaciones

CARACTERÍSTICAS DE USO CIRCULAR	SEGÚN LA INFORMACIÓN DISPONIBLE	CARACTERÍSTICAS DE USO LINEAL
<p>La cantidad total de agua utilizada por la instalación es la suma de toda el agua requerida por todos sus procesos, por ejemplo, lavado, enfriamiento, agua como ingrediente, agua de grifo, etcétera. La circulación en el sitio será mayor que un (1) uso cuando la cantidad de agua requerida por la instalación excede a la cantidad de agua que debe ser de origen externo (retirada) por ejemplo, el agua condensada en las torres de enfriamiento se utiliza para enfriar el lugar de descarga, etcétera. Cantidades de agua que se utilizan en los procesos del sitio que se devuelven al proceso del sitio después del primer uso, que se reutilizan o reciclan después del tratamiento.</p>	<p style="text-align: center;">← — — — — — →</p> <p>Circulación in situ</p>	<p>El agua simplemente se usa después de la extracción y luego se descarga sin alimentar ningún otro proceso en el sitio. Después de su uso único. No hay circulación in situ. Se está usando agua una vez. No implica que no exista una circularidad basada en el contexto, ya que esta métrica se centra únicamente en el uso de agua dentro del sitio.</p>

Ilustración 24-3. Métrica de indicador de sitio

Fuente: Métrica de circularidad de agua (World Business Council for Sustainable Development, 2021b, p.16)

3.6.1.3. Indicador de reducción de uso/Extracción de agua

$$\% \text{reducción de uso} = \frac{Q_{\text{uso total de agua}, Y_1} - Q_{\text{total de extracción}, Y_2}}{Q_{\text{total del agua}, Y_1}}$$

Ecuación 4-3. Porcentaje de reducción de uso

$$\% \text{reducción de extracción} = \frac{Q_{\text{extracción total}, Y_1} - Q_{\text{total de extracción}, Y_2}}{Q_{\text{total del agua}, Y_1}}$$

Ecuación 5-3. Porcentaje de reducción de extracción

3.6.2. Porcentaje de circularidad de la materia prima

Se identificó la actividad de elaboración de artesanías con base al uso de lana de alpaca, por lo cual se calculó el porcentaje de circularidad del material fibra dentro del proceso que la comunidad describió, siguiendo el proceso de circularidad descrito en la Ilustración 25-3, se calculó desde la extracción de la materia prima hasta la llegada a las tiendas y distribuidoras del producto.

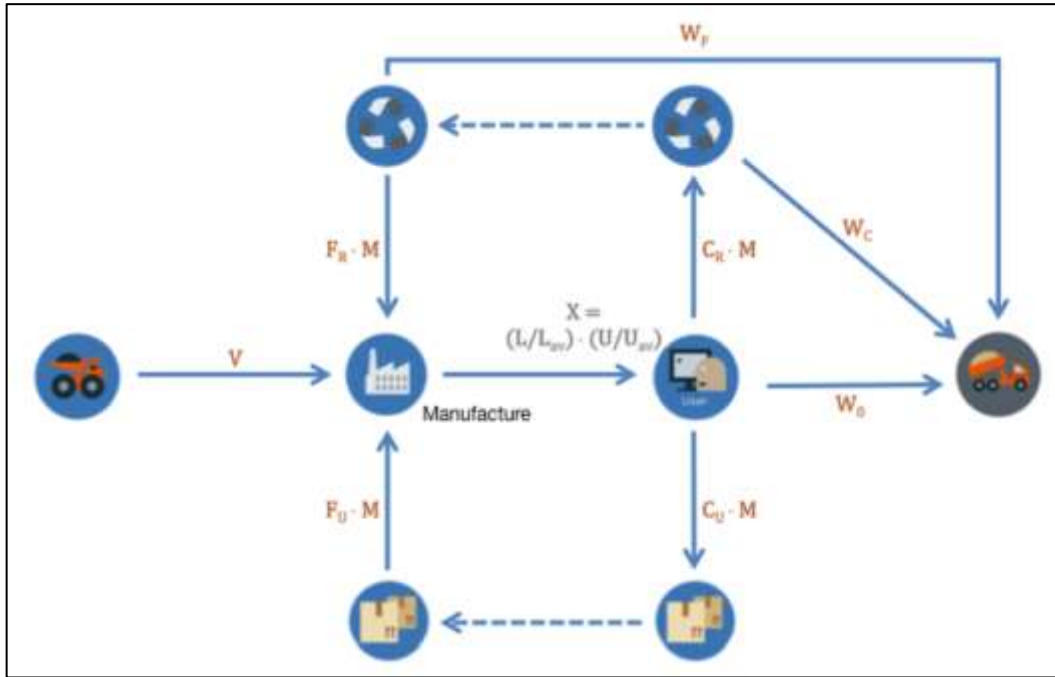


Ilustración 25-3 Representación de circularidad de material

Fuente: (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p.7)

3.6.2.1. Cálculo de la materia prima virgen

El grupo de mujeres artesanas por el Cambio Climático, extraen cada 30 días el material fibra, que lo distribuyen entre las integrantes del grupo para la elaboración de diferentes prendas como: bufandas, guantes, chalinas.

$$V = M(1 - F_R - F_U - F_S)$$

Ecuación 6-3. Aprovechamiento del producto

Donde:

M = masa del producto final

F_R = Fracción de materia prima derivada de fuentes reciclables

F_U = Fracción de fuentes reusadas

F_S = Fracción de materias biológico usado proveniente de Producción Sustentable

3.6.2.2. Cálculo de residuo no recuperable

$$W_0 = M(1 - C_R - C_C - C_U - C_E)$$

Ecuación 7-3. Residuo no recuperable

Donde:

M = masa del producto final

C_R = Fracción de la masa de producto recolectado para reciclaje

C_U = Fracción de la masa de producto recolectado para reúso

C_C = Masa del producto que comprende materiales biológicos no contaminados para compostaje

C_E = Fracción de materias biológico proveniente de Producción Sustentable para recuperación de energía.

3.6.2.3. Recuperación de energía

Si alguna de las condiciones anteriores no se cumple o no se demuestran, la recuperación de energía resultante no se considera parte de la economía circular y no se puede incluir en el cálculo.

$$C_E = E_E * B_C$$

Ecuación 8-3. Recuperación de energía

Donde:

E_E = Eficiencia del proceso de energía recuperado

B_C = Contenido de carbono del material biológico

$$E_E = \frac{E_R}{(HHV * M_B)}$$

Ecuación 9-3. Energía recuperada del proceso

Donde:

E_R = Energía recuperada

HHV = Poder calorífico superior (MJ o BTU)

M_B = Masa del material biológico

3.6.2.4. Cantidad de residuo generado en el proceso de reciclaje

$$W_C = M(1 - E_C)C_R$$

Ecuación 10-3. Residuo del reciclaje

Donde:

C_R = Fracción de la masa de producto recolectado para reciclaje

E_C = Eficiencia del proceso de reciclaje

M = Masa del producto final

3.6.2.5. Cantidad total de residuos Irrecuperables

$$W = W_O + \frac{W_F + W_C}{2}$$

Ecuación 11-3. Residuo irrecuperable

Donde:

W_O = Residuo no recuperable

W_C = Residuo del reciclaje

$W_F = W_C$

3.6.2.6. Cálculo del índice de flujo lineal

$$LFI = \frac{V + W}{2M}$$

Ecuación 12-3. Flujo lineal

Donde:

V = Aprovechamiento del producto

W = Residuo irrecuperable

M = Masa del producto

3.6.2.7. Cálculo de la utilidad

$$X = \left(\frac{L}{L_{av}} \right) * \left(\frac{U}{U_{av}} \right)$$

Ecuación 13-3. Utilidad

Donde:

$\frac{L}{L_{av}}$ = Componente de longitud

L = Tiempo de vida

L_{av} = Tiempo de vida de la industria promedio

3.6.2.8. Cálculo de la circularidad del material

$$MCI_p^* = 1 - LFI * F(X)$$

Ecuación 14-3. Indicador de circularidad del material

Donde:

MCI_p^* = Indicador de circularidad del producto

LFI = Índice de flujo lineal

$F(X)$ = Factor de utilidad

$$F(X) = \frac{0,9}{X}$$

Ecuación 15-3. Factor en función de la utilidad

Donde:

X = Utilidad

Con los datos obtenidos se ingresaron en el software Excel con el formato establecido de la fundación MacArthur y se obtuvo el porcentaje de circularidad del material lana, dentro del proceso de elaboración de artesanías.

3.7. Valoración económica

3.7.1. Experimentos de elección

3.7.1.1. Choice card

Con la determinación de la calidad de agua y el porcentaje de circularidad se elaboraron 3 alternativas para los servicios ecosistémicos: agua dulce y materia prima (fibra) que los habitantes de las comunidades eligieron la mejor opción para adoptarla.

Las choice card se presentaron en diapositivas didácticas para que sean de fácil entendimiento.

Agua

1. El status Q
2. El modelo de economía circular
3. Limitación de uso de agua

Materia prima: Lana

1. El status Q
2. El modelo de economía circular
3. Limitación en la crianza y reproducción de alpacas

3.8. Diseño de economía circular

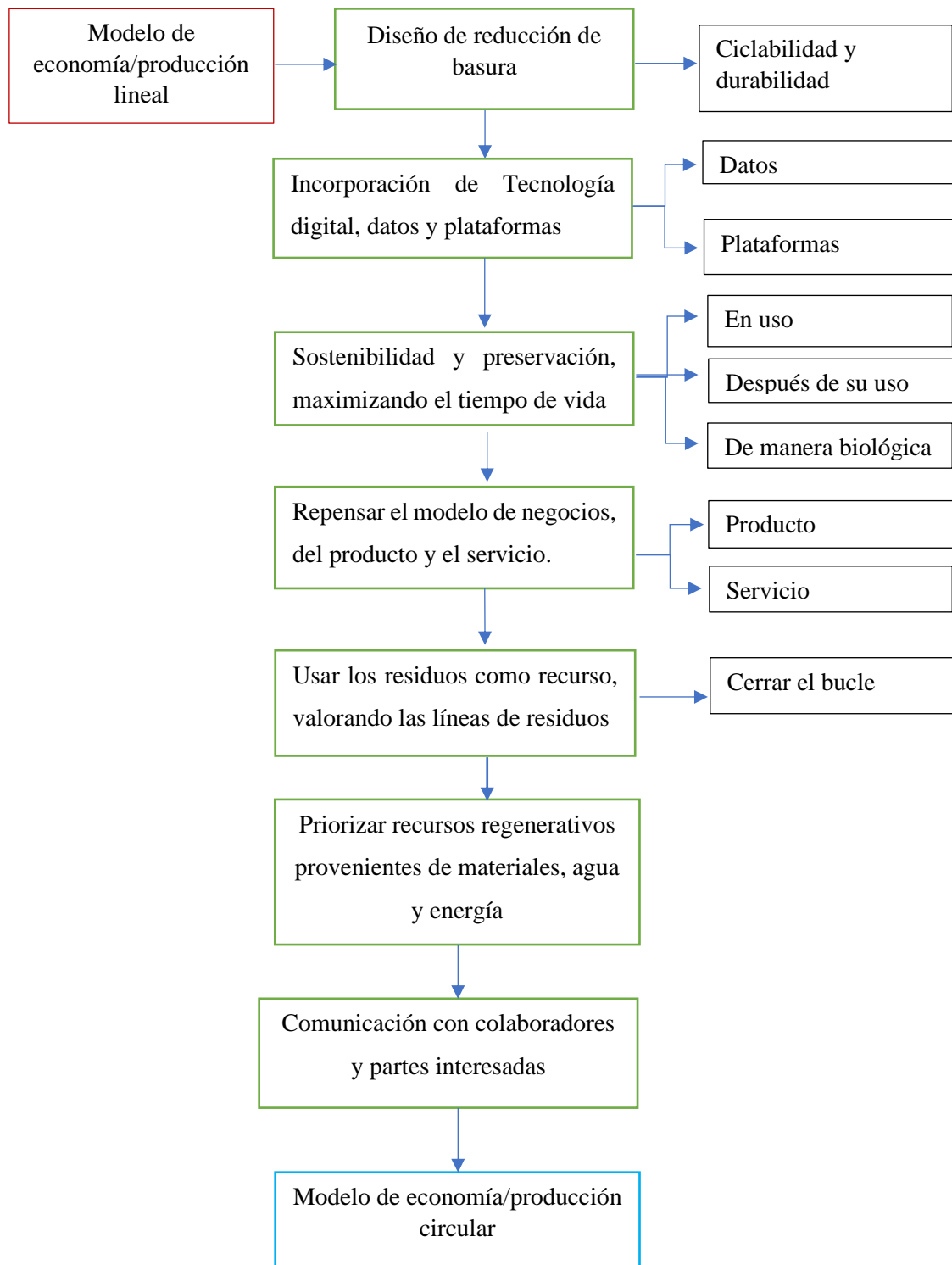


Ilustración 26-3. Modelo DISRUPT economía circular

Fuente: The Disrupt Framework (Circle Economy, 2011, p.3)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Servicios ecosistémicos

La materia prima y agua dulce son los recursos ecosistémicos de mayor relevancia y uso dentro de las comunidades CM y PSP, los servicios ecosistémicos: recursos medicinales y alimentos no se contemplaron para los cálculos de porcentaje de circularidad debido a que estos se los utiliza en porcentajes mínimos y de uso exclusivo de las comunidades para preservar la biodiversidad de la zona, por lo tanto no generan recursos económicos, ni son industrializados, consecuentemente no afectan al medio y no es de relevancia el diseñar un proceso circular para dichos servicios.

4.1.1. Recursos medicinales

Los habitantes de las comunidades utilizan la flora que los rodea como medicamento para aliviar malestares (tabla 8-4) sin necesidad de recurrir a drogas farmacéuticas, lo toman del medio solo cuando se presentan enfermedades, de esta manera no afectan a la flora. A continuación, se presentan las plantas de mayor uso en las comunidades.

Tabla 8-4. Recursos medicinales de las comunidades

Nombre de la especie	Nombre científico	Uso de la planta
Valeriana	<i>Valeriana rigida</i>	Dolores musculares, cólicos menstruales e insomnio
Taraxaco/Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Dolor de huesos y problemas hepáticos
Chuquirahua	<i>Chuquiraga jussieui</i>	Problemas de retención de líquidos, bajas defensas y problemas intestinales
Palo de cruz	<i>Dalea coerulea</i>	Problemas respiratorios
Velosilla	<i>Hieracium sp.</i>	Limpia el torrente sanguíneo
Romerillo	<i>Hipericum Laricifolium</i>	Problemas odontológicos, cólicos menstruales y curar heridas
Rompepiedras	<i>Lepidium abrotanifolium</i>	Prevenir cálculos renales

colchón de pobre	<i>Lycopodium clavatum</i>	Desinflamatorio, enfermedades del hígado, riñón, aparato digestivo
Vinagrillo	<i>Oxalis corniculata</i>	Uso medicinal
Taxo	<i>Passiflora mixta</i>	Calmar ansiedad y ayudar a conciliar el sueño
Llantén	<i>Plantago major</i>	Problemas respiratorios
Escorzonera	<i>Perezia multiflora</i>	Problemas digestivos como estreñimiento y úlceras gástricas
Ruda	<i>Ruta graveolens</i>	Dolor muscular y problemas circulatorios
Matapalo	<i>Tristerix longibracteatus</i>	Problemas respiratorios
Alverjilla	<i>Vicia andicola</i>	Reduce los gases y colitis
Cóndor cebolla	<i>Werneria nubigena Kunth</i>	Tratamiento de problemas de diarrea.

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

4.1.2. Alimentos

Las comunidades CM y PSP se encuentran dentro de la RPFCH por lo que las actividades agropecuarias están limitadas, para mantener y salvaguardar los páramos, el cultivo de alimentos es mínimo y lo hacen respetando la franja agrícola permitida (tabla 9-4).

Crían animales para consumo de la comunidad y turistas de manera limitada, debido a que los animales como vacas compactan el suelo y consumen plantas de la zona, lo que los convierte en amenaza para la reserva ya que estos animales de consumo son introducidos, es por ello las comunidades siembran, cosechan y crían los siguientes productos para consumo:

Tabla 9-4. Servicio ecosistémico Alimento

Nombre común	Nombre científico	Cantidad
Vaca	<i>Bos primigenius taurus</i>	43 animales
Borrego	<i>Borago officinalis</i>	67 animales
Papas	<i>Solanum tuberosum</i>	9 parcelas
Habas	<i>Vicia faba</i>	11 parcelas
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	9 parcelas

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Las comunidades se ubican aproximadamente a 3900 m.s.n.m. y los habitantes comentaron que su dieta alimentaria se basa en productos que cultivan y crían en la zona.

4.1.3. Calidad del agua

Los datos obtenidos del monitoreo se reflejan en la siguiente tabla 10-4, la cual se compara con los valores límites permisibles establecidos en el TULSMA para uso doméstico, agrícola y pecuario.

Tabla 10-4. Tabla comparativa con el TULSMA

Parámetro	Valor CM	Valor PSP	Valor límite permisible consumo humano	Valor límite permisible uso pecuario	Valor límite permisible uso agrícola	Límite permisible para descargas en cuerpos de agua dulce	Cumple (C) No Cumple (NC)
Nitritos (mg/l)	0,07	0,08	1,0	1,0	10,0	10,0	C
Nitratos (mg/l)	3,8	3,5	10,0	10,0	10,0	10,0	C
Carbonatos (mg/l)	0,42	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	C
Fosfatos (mg/l)	0,82	0,7	3,26	4,89	4,89	3,26	C
Sulfatos (mg/l)	27,0	13,0	250	400	400	1000,0	C
Hierro total (mg/l)	0,0	0,0	0,3	1,0	5,0	10,0	C
Conductividad Eléctrica (μ S/cm)	117,75	118,03	1000 micromhos/cm	1000 micromhos/cm	1000 micromhos/cm	1000 micromhos/cm	C
Temperatura ($^{\circ}$ C)	18,2	9,15	Condición natural \leq 3 grados	Condición natural \leq 3 grados	Condición natural \leq 3 grados	< 35	C
pH	7,4	7,99	6,5-7,5	6,5-8,4	6-9	5-9	C
Oxígeno Disuelto (mg/l)	80,18	72,2	No < 80% del O ₂ de saturación	3,0	3,0	= DBO5	C

			y no < 6 mg%				
Sólidos disueltos totales (mg/l)	51,0	60,0	1000,0	3000,0	3000,0	1600,0	C
Coliformes Fecales (nmp/100 ml)	1	0	600	10 < 1000	10 < 1000	Remoción n > al 99,9%	C
Coliformes Totales (nmp/100 ml)	0	91	3000	Promedio mensual <5000	1000	Remoción n > al 99,9%	C

Fuente: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso Agua

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

El agua proveniente del deshielo del Chimborazo cumple y no sobrepasa los límites permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente y puede ser usada para fines agrícolas, agropecuarios y consumo.

El “ICA” es usado para adoptar las condiciones idóneas para un valor máximo de 100, este valor disminuye conforme a la contaminación del agua en estudio. La clasificación Buena o Excelente es por la diversidad de vida acuática, que genera la confianza sobre el uso directo con ella (SNET, 2018, pp.1-9).

A continuación, se demuestran los 8 parámetros medidos, como son necesarios 9 parámetros para el cálculo ICA se corrigió los pesos (w_i) mediante la división entre la diferencia de la suma de w de los parámetros de muestreo y la suma de w_i , lo cual permite establecer una orientación matemática para aplicar las técnicas de ponderación.

Tabla 11-4. Índice de calidad de agua comunidad Pulingui-San Pablo

ASOCIACIÓN PULINGUI - SAN PABLO						
Parámetro	wi	w de parámetros de muestreo	w corregido	concentración	índice de calidad del agua	IWC
% Saturación de oxígeno disuelto	0,17	0,17	0,184	72,2	70	12,8625
Coliformes fecales	0,16	0,16	0,174	0	100	17,375
pH	0,11	0,11	0,124	7,9	90	11,1375
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11	-	-	-	-	0
Nitratos	0,1	0,1	0,114	0,08	100	11,375
Fosfatos	0,1	0,1	0,114	0,7	65	7,39375
Cambio en la temperatura	0,1	0,1	0,114	-1,8	85	9,66875
Turbiedad	0,08	0,08	0,094	0,9	100	9,375
Sólidos disueltos totales	0,07	0,07	0,084	60	90	7,5375
	1	0,89	1			86,725
		0,01375				

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Tabla 12-4. Rango y Clasificación del ICA NSF

Rango	Clasificación
0-25	Muy mala
26-50	Mala
51-70	Media
71-90	Buena
91-100	Excelente

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Según los datos demostrados en la tabla 11-4 y la tabla 12-4, el rango del agua de Pulingui-San Pablo tiene de clasificación Buena, lo cual es permitido para el consumo en referencia a NSF.

Tabla 13-4. Índice calidad de agua comunidad Chorrera-Mirador

COMUNIDAD CHORRERA - MIRADOR						
Parámetro	wi	w de parámetros de muestreo	w corregido	concentración	índice de calidad del agua	I WC
% Saturación de oxígeno disuelto	0,17	0,17	0,184	80,18	90	16,5375
Coliformes fecales	0,16	0,16	0,174	1	100	17,375
pH	0,11	0,11	0,124	7,4	90	11,1375
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11	-	-	-	-	0
Nitratos	0,1	0,1	0,114	3,8	90	10,2375
Fosfatos	0,1	0,1	0,114	0,82	60	6,825
Cambio en la temperatura	0,1	0,1	0,114	4,1	80	9,1
Turbiedad	0,08	0,08	0,094	0,8	100	9,375
Sólidos disueltos totales	0,07	0,07	0,084	51	90	7,5375
	1	0,89	1	149,1		88,125
		0,01375				

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Tabla 14-4. Rango y Clasificación del ICA NSF

Rango	Clasificación
0-25	Muy mala
26-50	Mala
51-70	Media
71-90	Buena
91-100	Excelente

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Como se observa en la tabla 13-4 y la tabla 14-4, el rango del agua de Chorerra-Mirador tiene de clasificación Buena, lo cual es permitido para el consumo en referencia a NSF

4.1.4. Materia prima

El proceso de elaboración de artesanías sigue la siguiente línea de producción descrita en la ilustración 27-4:

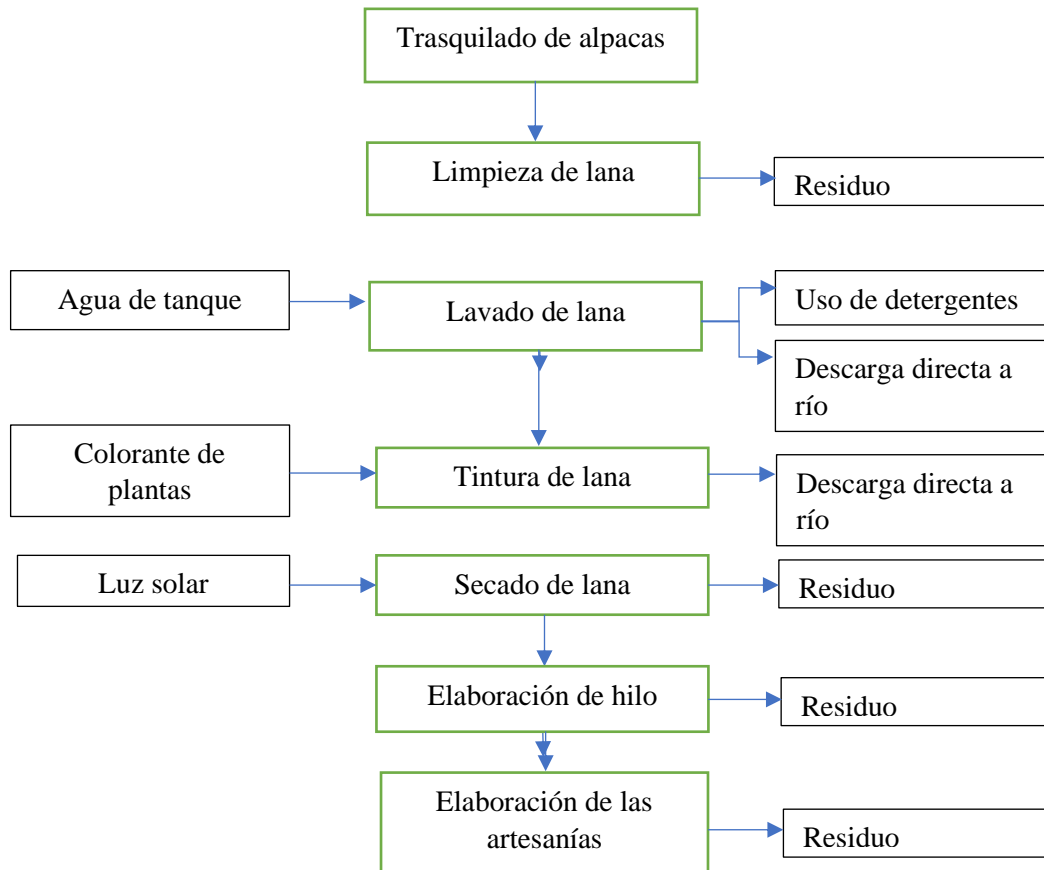


Ilustración 17-4. Proceso lineal de elaboración de artesanías

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

4.2. Índice de circularidad agua

El agua en el mundo y comunidades significa un medio de desarrollo, la población de las comunidades cuenta con un agua segura para el consumo, como se describió, el agua que consumen proviene de una fuente virgen la cual sigue el siguiente proceso lineal de captación, uso y descarga.

El porcentaje circularidad se establece siguiendo el árbol de decisión (Ilustración 28-4):

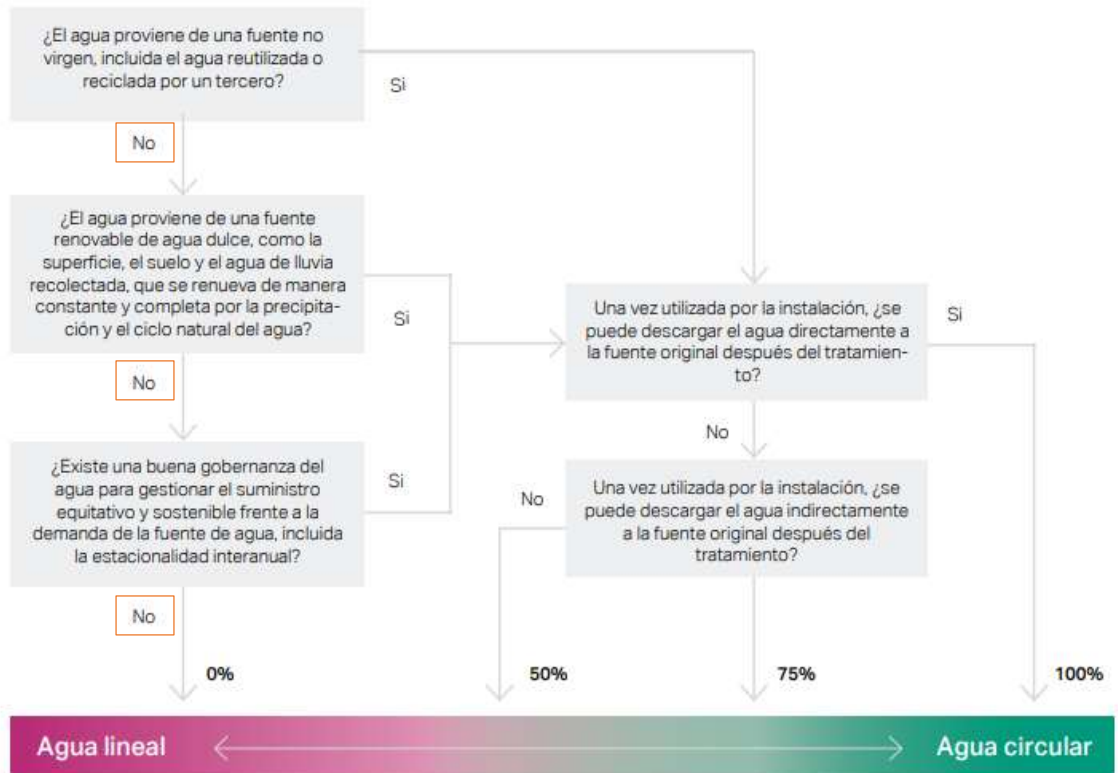


Ilustración 28-4. Resultado del árbol de decisión-agua de entrada

Fuente: Circular Transition Indicators V2.0(World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2021, p.42)

El porcentaje de agua es 0%, es decir, es un agua lineal.

$$\% \text{reducción de uso} = 0$$

$$\% \text{reducción de extracción} = 0$$

No se realiza ningún proceso en las comunidades CM y PSP que reduzca el uso por lo cual el porcentaje de reducción de uso y de extracción del servicio agua es 0%. El agua en las comunidades es usada solo una vez y se descarga sin ningún proceso.

4.3. Índice de circularidad artesanías

Las comunidades trasquilan a las alpacas cada año, dependiendo del tamaño de la alpaca, de las alpacas adulto macho se obtiene 6 kg de fibra, alpaca adulta hembra se obtienen 4 kg de fibra y de las crías de alpaca 2 kg. La comunidad posee 80 alpacas.

Tabla 15-4. Datos de materia prima lana

Parámetro	Valor		
M(kg)	6	4	2
F_R	0		
F_U	0		
F_S	0		
C_R	0		
C_U	0		
C_C	0		
C_E	0		

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

- Aprovechamiento del producto

$$V = 0$$

- Cálculo de residuo no recuperable

$$W_0 = 0$$

- Recuperación de energía

No se realiza la reutilización, recuperación de energía u otro procedimiento para no generar residuo dentro del proceso, por lo tanto, los siguientes valores toman el valor de cero.

- Recuperación de energía

$$C_E = 0$$

- Energía recuperada en el proceso

$$E_E = 0$$

- Cantidad de residuo generado en el proceso de reciclaje

$$W_C = 0$$

4.4. Herramienta dinámica de modelación



Ilustración 29-4. Circularidad del proceso actual de artesanías

Fuente: (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p.10)

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

- Cálculo de la circularidad del material

$$MCI_p^* = 0 \%$$

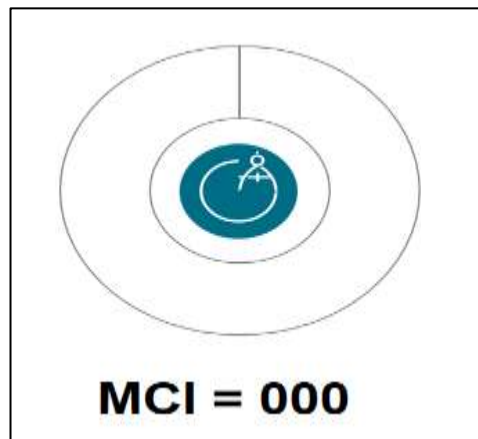


Ilustración 30-4. Porcentaje de circularidad de materia prima

Fuente: (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p.10)

Con base a los datos calculados (tabla 15-4), se utilizó la herramienta dinámica de modelación para conocer el indicador de circularidad del material (Ilustración 29-4), teniendo en cuenta que no se tienen datos antes descrito y con evidencia de la herramienta dinámica de modelación. Se obtiene una circularidad del material fibra de 0% (Ilustración 30-4). El tiempo de vida útil y las unidades funcionales se les ha asignado el valor medio promedio en industria.

4.5. Propuesta de modelo de economía circular



Ilustración 31-4. Modelo de economía circular.

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Para alcanzar la circularidad del agua, teniendo en cuenta que la única fuente de agua actual es el deshielo del Chimborazo, el modelo circular presentado en la Ilustración 31-4, propone la instalación de captadores de agua lluvia (Ilustración 32-4) para que la toma de agua de la fuente virgen se reduzca a la mitad, con ello las comunidades tendrán 2 fuentes de agua dulce.

Respetando el caudal ecológico, se captará y transportará el agua a un tanque reservorio y de igual manera con el agua lluvia, de este tanque se distribuirá para uso agrícola, doméstico, pecuario y lavado de materia prima (lana de alpaca), el agua resultante se transportará por tubería a una planta de tratamiento de agua residual y regresarla al río bajo los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA. En el cauce del río se implementará una turbina para generar electricidad y así el uso de red nacional y pago por el servicio, se eliminará.

El agua destinada a uso doméstico: limpieza de alimentos, consumo, limpieza del cuerpo, evacuar desechos, el agua del baño será direccionado a un biodigestor, el cual generará gas para el uso en cocinas, el agua residual de las demás actividades se enviará a la planta de tratamiento de agua residual, recalcando el cambio de tuberías hidrosanitarias, para depositar en ellas el papel usado, de esta manera no se generará desechos no aprovechables que pueden resultar infecciosos. El agua para los animales y cultivos se dotará según las necesidades.

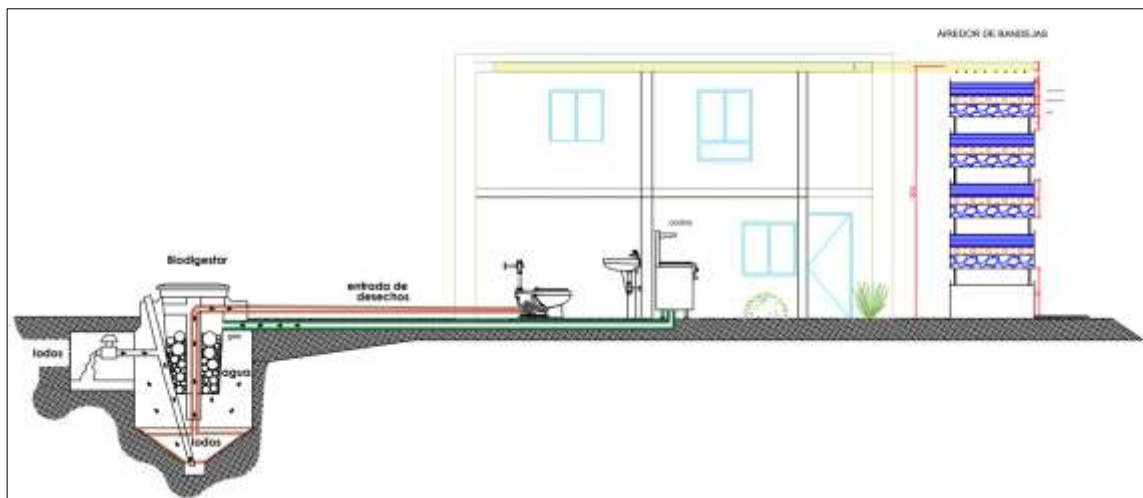


Ilustración 32-4. Diseño de recolección de agua y tratamiento de aguas negras

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022

Basándonos en la Norma Técnica ecuatoriana NTE INEN 2841 2014-03 se propone instalar estos tres botes (Ilustración 33-5) para la fácil identificación de los tipos de residuos y con ello gestionar apropiadamente los residuos.



Ilustración 33-5. Gestión de residuos

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022

Con el papel recolectado en el bote azul se elaborará papel reciclado, este será para uso de la comunidad o para exposición como artesanía, resaltando que el uso de papel y desecho del mismo es mínimo; el plástico reciclado, se reutilizará para elaboración de macetas, el porcentaje no usado será aplastado y enviado a una planta de reciclaje. Los materiales no aprovechables serán enviados a la gestora municipal.

Las alpacas son animales característicos de los Andes y no compactan el suelo, las comunidades crían estos animales para obtener lana, la cual la utilizan para la elaboración de artesanías. Las heces de las alpacas no afectan al ambiente por ello, se recolectarán para elaborar biofertilizante el cual se utilizará en los cultivos de alimentos que se producen localmente. Se trasquilan a las alpacas una vez al año, la lana obtenida se separará del desecho, el desecho se usará para producir energía, seguido, se lavará la lana en el tanque principal en el cual se implementará rejillas para la retención de impurezas y tubería para enviar el agua a tratamiento por cascada; las impurezas se recolectarán para producción de energía (biomasa).

La lana se secará al aire libre y estará lista para hilar, la lana sobrante se dividirá para: reutilización, reúso, remanufacturado y biomasa.

4.6. Choice card

Se presentaron las tres alternativas para el servicio ecosistémico agua (Ilustración 34-4) en cartas ilustrativas de fácil entendimiento a los pobladores de las comunidades CM y PSP, cada uno votó por la alternativa que mejor se adaptará a las circunstancias actuales y la mejor opción para las comunidades, obteniendo lo siguiente (tabla 16-4):

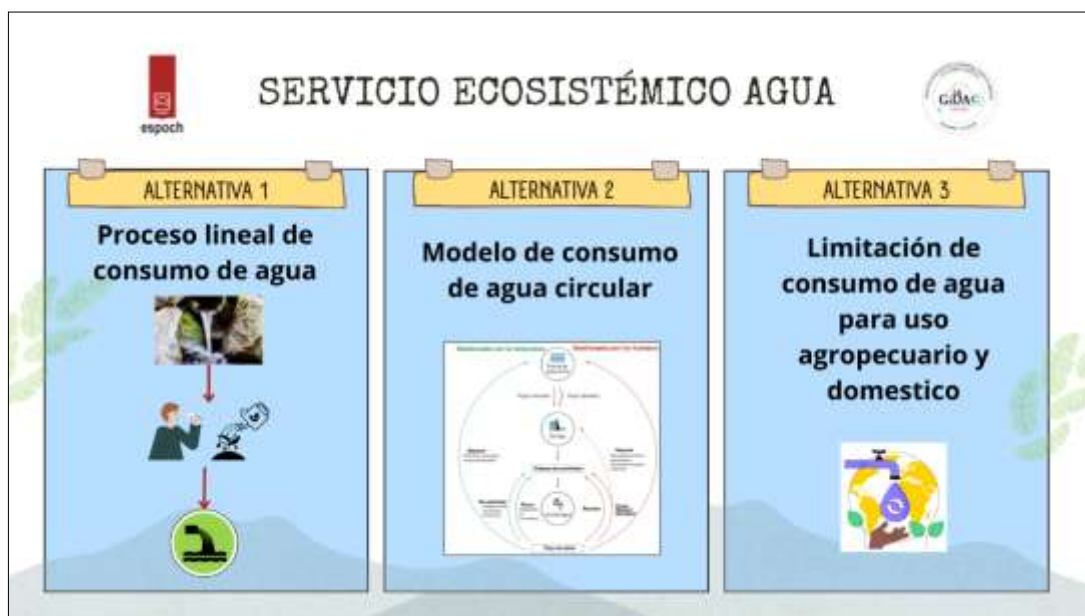


Ilustración 264-4. Choice card servicio ecosistémico agua

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

Tabla 16-4. Encuesta choice card servicio ecosistémico agua

Servicio ecosistémico de abastecimiento Agua			
Habitantes	A1	A2	A3
153 hab-PSP	23	111	19
82 hab-CM	8	70	4
Total	31	181	23

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

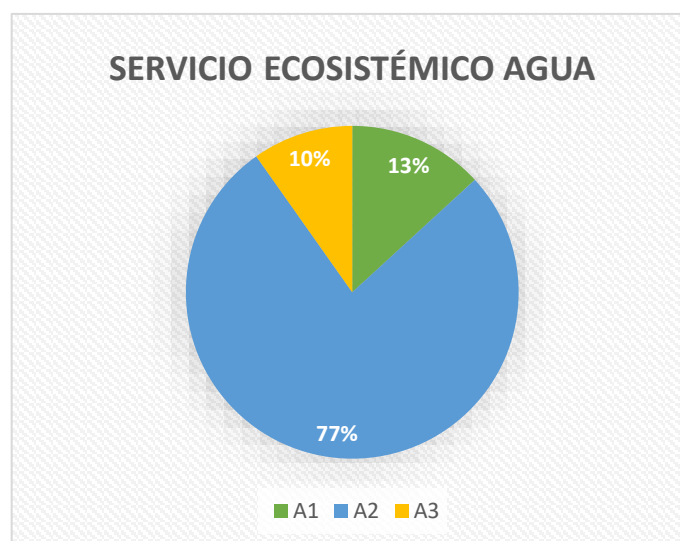


Ilustración 35-4. Resultados método elección sin costo de mercado

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

El 77% de los habitantes de las dos comunidades eligieron la alternativa 2 (Ilustración 35-4), aceptando la propuesta de modelo de economía circular, el 13% de ellos prefiere seguir con el proceso lineal de consumo de agua y el 10 % de la población cree que la limitación de consumo de agua es la mejor alternativa

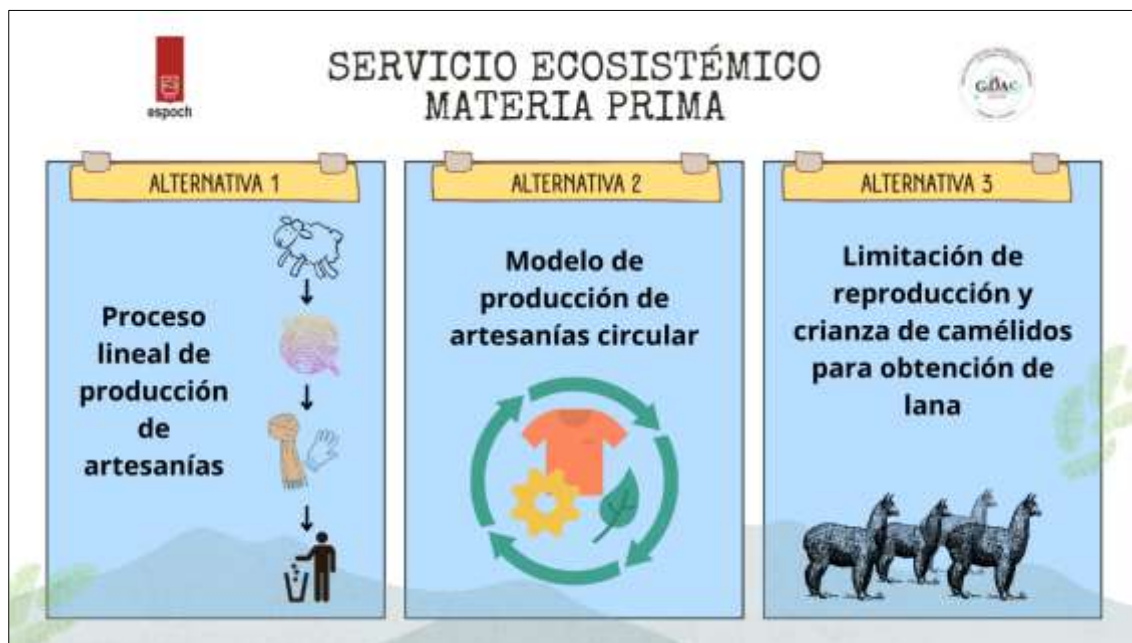


Ilustración 36-4. Choice card servicio ecosistémico materia prima

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

La Ilustración 36-4 presenta 3 alternativas para el servicio ecosistémico materia prima, la primera es continuar con el proceso actual de producción de artesanías, la segunda la propuesta generada en esta investigación y la tercera que limita la crianza de alpacas dentro de las comunidades

Tabla 17-4. Encuesta choice card servicio ecosistémico materia prima

Servicio ecosistémico de abastecimiento Materia Prima			
Habitantes	A1	A2	A3
153 hab-PSP	29	109	15
82 hab-CM	12	67	3
Total	41	176	18

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022.

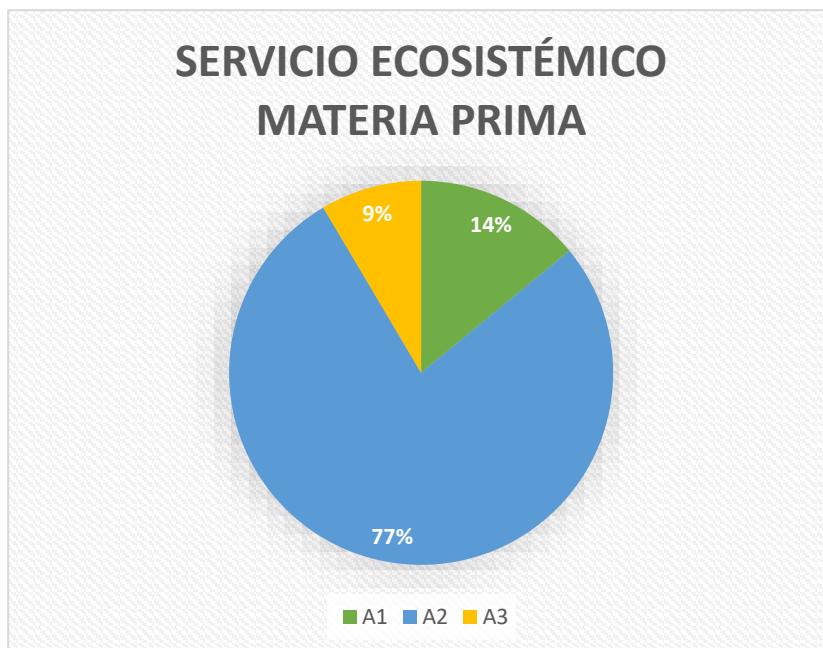


Ilustración 37-4. Resultado choice card materia prima

Elaborado por: Verduga, C., Vasco, I., GIDAC, 2022

En la tabla 17-4, se presentan los datos de la selección de la alternativa, el 14% de las comunidades desean seguir con la producción lineal de obtención de lana, porque ya están acostumbrados a esa forma y creen innecesario el cambio, el 77% de habitantes están seguros de que se necesita cambiar el modelo de producción de artesanías para reducir los impactos hacia el ambiente y el 9% del total eligieron la alternativa 3 (Ilustración 37-4).

CONCLUSIONES

- Se estableció los principales servicios ecosistémicos ambientales de abastecimiento de la comunidad Chorrera-Mirador y asociación Pulingui-San Pablo mediante visitas al lugar y entrevistas informales semiestructurada son: agua dulce y materia prima (lana de alpaca).
- El porcentaje de circularidad mediante la metodología de Ellen MacArthur de la materia prima (lana de alpaca) hasta la elaboración de artesanías tomó un valor de cero. Además, para el agua dulce proveniente del deshielo del volcán Chimborazo sin previo tratamiento mediante la metodología WBCSD resultó un valor de cero.
- Se diseñó un modelo de economía circular, para la comunidad Chorrera-Mirador y asociación Pulingui-San Pablo, que conectan a los servicios ecosistémicos ambientales de abastecimiento de agua dulce y materia prima. Este nuevo modelo, incluye agregar una fuente de la captación de agua lluvia con su debido tratamiento que, junto con la fuente de agua del deshielo del Chimborazo, se observó que podrían cubrir las necesidades de la cobertura de agua para la población y la producción de artesanías. Además, se planteó nuevas tecnologías que permiten minimizar los residuos de ambos servicios ecosistémicos ambientales hasta cerrar el bucle.
- Se analizaron los servicios ecosistémicos ambientales de abastecimiento en la comunidad Chorrera-Mirador y la asociación Pulingui-San Pablo (agua dulce y materia prima), debido a que los habitantes centran sus actividades en ellas. Se diseñó un modelo de economía circular basado en DISRUPT framework, aceptado por un 77% de los habitantes de las zonas de estudio mediante la metodología de experimentos de elección. Este modelo es un sistema dinámico que busca eliminar los residuos del bucle.

RECOMENDACIONES

- Implementar la propuesta de modelo de economía circular planteado en el presente trabajo de investigación.
- Una vez implementado el modelo de economía circular planteado, realizar un segundo cálculo de porcentaje de circularidad de los dos servicios ecosistémicos agua dulce y materia prima para determinar su eficiencia

BIBLIOGRAFÍA

- ABBASI, T., & ABBASI, S.** *Conventional' Indices for Determining Fitness of Waters for Different Uses*. [En línea]. Reino Unido: Elsevier, 2012. [Consulta: 18 de noviembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-54304-2.00003-8>
- ALEXANDER, Sasha; et al.** TEEB: Nature and its role in the transition to a green economy" [en línea]. Londres-Reino Unido: *IEEP*, 2012. Disponible en: www.teebweb.org.
- BORRERO GARCÍA, Carolina Beatriz.** "Metodología para determinación del índice de calidad del agua a partir de parámetros fáciles de medir en campo". (Trabajo de titulación). (Maestría) [en línea], Uniandes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, (Colombia), 2018. pp. 1-20 hojas [Consulta: 28 de junio 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/34065>
- BOYACIOGLU, H.** "Development of a water quality index based on a European classification scheme". *Water S.A* [en línea], 2007, (Turkia) 33(1), pp. 101-106. [Consulta: 28 junio 2022]. Disponible en: [10.4314/wsa.v33i1.47882](https://doi.org/10.4314/wsa.v33i1.47882)
- BRAUNGART, M., & MCDONOUGH, W.** "Cradle to cradle. Rediseñar la forma en que hacemos las cosas". *McGraw-Hill Companies* [en línea], 2005, (España). ISBN 0-86547-587-3. [Consulta: 25 agosto 2022]. Disponible en: <https://mcdonough.com/writings/cradle-cradle-remaking-way-make-things/>.
- BULEGE, W.** "Population growth and climate change". *Universidad Continental* [en línea], 2013, (Perú) 03(01), pp. 4-5. [Consulta: 2 agosto 2022]. Disponible en: <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/129/130>.
- CAMACHO, V.** Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Biociencias* [en línea], 2012, (México) 1(4), pp. 1-15. [Consulta: 6 marzo 2022], Disponible en: <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/02-04/biociencias4-1.pdf>
- CARGUA, Franklin; et al.** "Evaluación de Servicios Ambientales de un Bosque de ceja Andina para la Gestión del Recurso Forestal en Zonas alto Andinas". *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* [en línea], 2019, 8(2), pp. 149-156. [Consulta: 6 marzo 2022]. ISSN. 1390-8049. Disponible en:

https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=wxx4OxUAAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=wxx4OxUAAAAJ:YsMSGLbcyi4C.

CERDA, E., & KHALILOVA, A. "Economía circular". *Revista Produção Online* [en línea], 2021, (Madrid) 2(1), pp. 951-972. [Consulta: 6 marzo 2022]. Disponible en: 10.14488/1676-1901.v21i3.4354.

CIRCLE ECONOMY. "The Disrupt Framework". *Circle Economy* [en línea], 2011, pp. 1-7. [Consulta: 6 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.circle-economy.com/resources/the-disrupt-framework#:~:text=The DISRUPT Framework is for all product stakeholders,specialists%2C designers%2C product %28line%29 managers and sustainability managers.>

DANCÉ, J. "Valoración económica de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques y afines". *Alternativa Financiera* [en línea], 2018, (Perú) 9(1), pp. 71-77 [Consulta: 01 agosto 2022]. ISSN 2707-7403. Disponible en: <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/AF/article/view/1767/1796>

DE LA CUESTA, M., & PARDO, E. "Transición hacia la Economía circular. Guía para pymes". *Fundación ICO* [en línea], 2020, UNED, pp. 106. [Consulta: 11 agosto 2022]. Disponible en: https://www.fundacionico.es/wp-content/uploads/2020/06/EC_pymes_Guia_Final_confichas.pdf.

DI PIETRO, S. "Acuerdo de París". *Cooperativismo & Desarrollo* [en línea], 2017, (Francia) 25(111), pp. 4-29. [Consulta: 21 agosto 2022]. ISSN 0120-7180. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. "Circular Indicators: An approach to measuring circularity. Methodology" *Ellen MacArthur Foundation* [en línea], 2015, 23 (1), pp. 159-161. [Consulta: 05 agosto 2022]. ISSN 0740624X. Disponible en: <https://emf.thirdlight.com/link/yybss1obhtdv-ub419h/@/preview/1?o>

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. "Circular economy in Europe - developing the knowledge base". *European Environment Agency* [en línea], 2016, (Luxembourg) s.n., pp. 10-42. [Consulta: 07 agosto 2022]. ISBN 9789292137199. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/policies-and-practices-eco-innovation-uptake-and-circular-economy-transition_en.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA

AGRICULTURA. "Políticas Agroambientales en América Latina y El Caribe: análisis de casos de Costa Rica, Cuba, Panamá, Paraguay y Brasil" *Cooperación Internacional Brasil - FAO* [en línea], 2017, (Chile) 1(1) pp. 1-92. [Consulta: 01 septiembre 2022]. ISSN 978-92-5-309980-1. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/327105833_Politicasy_agroambientales_en_America_Latina_y_el_Caribe_Analisis_de_casos_de_Costa_Rica_Cuba_Panama_Paraguay_y_Brasil_Capitulo_32_Politicasy_agroambientales_en_Cuba

FEDRIGO-FAZIO, D. y BRINK, P." Briefing Green Economy – what do we mean by green economy?" *UNEP Division of Communications and Public Information* [en línea], 2012, pp. 1-24. [Consulta: 21 septiembre 2022]. ISSN 1098-6596. Disponible en:

<https://www.unep.org/regions/asia-and-pacific/regional-initiatives/supporting-resource-efficiency/green-economy?msclkid=1932813cb4ed11ecb29f0a8f49bd19d3>.

GADPR DE SAN JUAN. "Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial". *Gobierno Autónomo Descentralizado Rural de la Parroquia San Juan* [en línea], 2019, (Ecuador) 1(1), pp. 1-151. [Consulta: 11 septiembre 2022]. Disponible en:

https://gadsanjuanchimborazo.gob.ec/reports/pdot_2021.pdf

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. "Ecological Wealth of Nations". *Global Footprint Network* [en línea], 2016, [Consulta: 30 septiembre 2022]. Disponible en:

http://www.footprintnetwork.org/ecological_footprint_nations/.

GODDIN, J., et. al. "Circularity indicators An approach to measuring circularity.

Methodology". *Ellen MacArthur Foundation* [en línea], 2019, (London) 64(4), pp. 6-57. [Consulta: 05 septiembre 2022]. Disponible en:

<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circularity-indicators/>.

GREINER, ROMY; et al. "Design considerations of a choice experiment to estimate likely participation by north Australian pastoralists in contractual biodiversity conservation".

Journal of Choice Modelling [en línea], 2014, (Austria) 10, pp. 34–45. [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jocm.2014.01.002>

JIMÉNEZ, LUIS; et al. *Economía circular-espiral. Transición hacia un metabolismo*

económico cerrado [en línea]. España-Madrid: Ecobook, 2019. [Consulta: 10 noviembre

2022]. Disponible en:

https://play.google.com/store/books/details/Luis_M_Jim%C3%A9nez_Herrero_Econom%C3%ADa_Circular_Espiral?id=5RvJDwAAQBAJ&gl=US

HOFSTEDE, R., et. al. "Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo". *UICN* [en línea], 2014, (Ecuador) 154(1), pp. 19-61. [Consulta: 01 noviembre 2022]. ISBN 9789978993293. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-025.pdf>.

HUMANA PORTUGAL. "Jornada técnica sobre a economia circular". *Humana Circular*, [en línea], 2019, (Portugal) 1(1), pp.3- 7. [Consulta: 01 noviembre 2022] Disponible en: http://m.smartwasteportugal.com/fotos/editor2/jornada_economia_circular_programa_profesorio.pdf.

IPCC, 2012. "Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" *IPCC* [en línea], 2012 (Estador Unidos). [Consulta: 08 noviembre 2022]. ISBN 9781139177245. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf.

KOEMLE, D. y YU, X., 2020. "Choice experiments in non-market value analysis: some methodological issues". *Forestry Economics Review* [en línea], 2020, 2(1), pp. 3-31. [Consulta: 01 octubre 2022]. ISSN 2631-3030. Disponible en: <https://www.emerald.com/insight/publication/issn/2631-3030>

KLØJGAARD, MIRJA; et al. "Designing a Stated Choice Experiment: The Value of a Qualitative Process". *Journal of Choice Modelling* [en línea], 2012, (Dinamarca) 5(2), pp. 1–18. [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1755-5345\(13\)70050-2](https://doi.org/10.1016/S1755-5345(13)70050-2)

LANDOLT, M.R. y MOGROVEJO, R.K., 2018. "Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos en la Comunidad Campesina Kiuñalla, Apurímac". [en línea], 2018, (Perú) 1(1), pp. 39. [Consulta: 03 octubre 2022]. Disponible en: www.bosquesandinos.org

LATERRA, Pedro; et al. "Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial" [en línea]. Buenos Aires-Argentina: Instituto

Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2011. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/249643891_Valoracion_de_Servicios_Ecosistemas_Conceptos_herramientas_y_aplicaciones_para_el_ordenamiento_territorial.

LOZANO, P.; et al. "Strategies for conservation of highland ecosystem in Pulingú San Pablo and Chorrera Mirador, Ecuador". *Enfoque UTE* [en línea], 2016, (Ecuador) 7(4), pp. 55-70. [Consulta: 28 septiembre 2022]. e-ISSN 1390-6542. Disponible en: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.114>

MACORMICK, K., RICHTER, J. y PANTZAR, M. "Greening the Economy Compendium. Scandinavi" *Lund University* [en línea], 2013 [Consulta: 13 octubre 2022]. ISBN 9789187357121. Disponible en: <https://portal.research.lu.se/en/publications/greening-the-economy-compendium>

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis* [En línea]. Washington-USA: Island Press, 2005 [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE PERÚ. "Ecoeficiencia empresarial". *MINAM* [en línea], 2010, (Perú), 150(1), pp. 84-150. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/tematica/eficiencia-empresarial>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Reforma 097-A. Registro oficial órgano del gobierno del Ecuador* [en línea], Quito-Ecuador: MAATE, 2015. [Consulta: 30 octubre 2022]. Disponible en: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf.

MINAM. *Programa presupuestal N° 0144: Conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos* [en línea] Lima-Perú: Minam, 2016. [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: PROGRAMA PRESUPUESTAL N° 0144: Conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos (minam.gob.pe)

ORIHUELA, C. & ALBÁN, L. "Servicio de consultoría del estudio de identificación,

- priorización, evaluación e integración de la valorización económica de los servicios ecosistémicos en los procesos de planificación y de inversión pública de la Región Piura”. *Academia* [en línea], 2012, (Perú) 1(1), pp. 1-10. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/download/35546138/TEEB_Piura_VERSION_FINAL.pdf.
- ROWEN, Donna; et al.** “Using a Discrete-Choice Experiment Involving Cost to Value a Classification System Measuring the Quality-of-Life Impact of Self-Management for Diabetes”. *Value in Health*, [en línea], 2018, (Reino Unido) 21(1), 69-77. [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jval.2017.06.016>
- SUKHDEV, Pavan; et al.** "Developing Countries Success Stories". *United Nations Environment Programme* [En línea], 2010, (Switzerland) 1(1), pp. 1-15. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.greengrowthknowledge.org/case-studies/green-economy-developing-countries-success-stories>
- SCHUSCHNY, A. & SOTO DE LA ROSA, H.** "Guía metodológica: Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible". *Cepal* [en línea], 2009, (Chile) 255(1), pp. 1-109. [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11362/3661>.
- THACKER, S, et al.** "Infrastructure for Climate action". *UNOPs* [en línea], 2021, (Copenhagen) 1(1), pp. 7-69. [Consulta: 24 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/report/infrastructure-climate-action>.
- UNEP.** *Green economy*. [En línea], 2022. [Consulta: 09 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.unep.org/explore-topics/green-economy>.
- UNEP.** "Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers". *Towards a Green Economy* [en línea], 2011, (France) 1(1), pp. 1-52. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/report/pathways-sustainable-development-and-poverty-eradication>
- GUTERRES, A.** "The Sustainable Development Goals Report”. *United Nations* [en línea], 2020, (Estados Unidos) 1(1), pp. 1-64. [Consulta: 28 octubre 2022]. ISBN 978-92-1-101439-6. Disponible en: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2021.pdf>.
- VASQUÉZ, A., & PARDO, J.** Guía metodológica para la valoración de servicios

ecosistémicos en la producción de café (trabajo de titulación). (trabajo de grado)
Universidad Piloto de Colombia, Facultad de Ciencias Ambientales. Bogotá-Colombia.
2014. pp. 1-110. [Consulta: 26 junio 2022]. Disponible en:
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/744/00001814.pdf;sequence=1>

VIGLIZZO, Ernesto; et al. *Valuación de bienes y servicios ecosistémicos: ¿verdad objetiva o cuento de la buena pipa?* [en línea]. *Buenos Aires-Argentina: INTA*, 2011. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/249643891_Valoracion_de_Servicios_Ecosistemas_Conceptos_herramientas_y_aplicaciones_para_el_ordenamiento_territorial

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD).

"Circular Transition Indicators V2.0". *Circular Economy* [en línea], 2021, (Geneva) 1(2), pp.9- 74. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en:
<https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Resources/Circular-Transition-Indicators>.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD),

Métrica de circularidad del agua : Herramientas de aplicación y guía de orientación.
WBCSD [en línea], 2021, (Switzerland) 1(1), pp. 25. [Consulta: 26 octubre 2022].
Disponible en: www.wbcsd.org.



ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA PARA LOS HABITANTES DE LA COMUNIDAD CHORRERA-MIRADOR Y LA ASOCIACIÓN PULINGUI-SAN PABLO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
"Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y el Cambio Climático"

ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS HABITANTES DE LA COMUNIDAD CHORRERA MIRADOR y SAN PABLO PULINGUI

Objetivo: La presente encuesta tiene como objetivo recolectar información referente al contexto servicios ecosistémicos de abastecimiento y economía circular de comunidades rurales andinas; datos que serán parte de la tesis titulada: "ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS ECOSISTEMICOS AMBIENTALES DE ABASTECIMIENTO EN COMUNIDADES DE LA ZONA ALTA DE LA PARROQUIA SAN JUAN PARA DISEÑAR UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR".

¡Gracias por su colaboración!

1. En que basan su alimentación
2. ¿Los productos que consumen lo adquieren de mercados exteriores o los cultivan?
3. ¿Cuántas parcelas cultivan?
4. ¿Qué productos cultivan?
5. ¿Qué animales crían para consumo?
6. ¿Cuántos animales tiene?
7. ¿Utilizan recursos medicinales de su entorno?
8. ¿Generan recursos económicos de plantas medicinales?
9. Cuéntenos de manera detallada el proceso de elaboración de artesanías
 - Peso de artesanía final
 - Peso de material reutilizado
 - Peso de material reciclado
 - Volumen de agua usada
 - Número de prendas obtenidas
 - Número de animales trasquilados
10. ¿Cómo captan y distribuyen el agua para consumo humano, agrícola y pecuario?
11. ¿El agua que utilizan lo reciclan o reutilizan?

ANEXO B: AVAL DE CERTIFICACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN CON EL GRUPO “GIDAC”



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
GRUPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA EL AMBIENTE Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

CERTIFICADO

A QUIEN INTERESE:

CERTIFICO QUE: Catalina Belén Verduga Villafuerte, con cédula de identidad: 1600579161, e Ian Geovany Vasco Arias, con cédula de identidad: 1205489923, estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, desarrollarán el proyecto de titulación “Valoración económica ambiental de servicios ecosistémicos de abastecimiento en comunidades de la zona alta de la parroquia San Juan para diseñar un modelo de economía circular”, mismo que forma parte del Proyecto de Investigación “Estudio de la pobreza energética en comunidades rurales y urbanas de la provincia de Chimborazo: propuesta de soluciones específicas utilizando fuentes de energía renovable y soluciones basadas en la naturaleza” del Instituto de Investigaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, dirigido por mi persona.

Este proyecto de titulación contribuirá a la consecución de los objetivos propuestos en el mencionado proyecto de investigación, razón por la cual se otorga el **AVAL** para la realización de las diferentes actividades y el apoyo técnico que así lo requiera el estudiante.

Cabe mencionar que el patrimonio intelectual de los resultados que se obtengan del proyecto de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06 de mayo de 2022

Atentamente



Firmado digitalmente por:
MAGDY MELZOR
ECHEVERRIA
GUADALUPE

Dra. Magdy Echeverría Guadalupe
DIRECTORA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ANEXO C: ANÁLISIS ANTI-PLAGIO



Document Information

Analyzed document	catalina verduga-ian vasco.docx (D150183433)
Submitted	2022-11-18 22:17:00
Submitted by	Magdy Echeverria
Submitter email	magdy.echeverria@esPOCH.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	magdy.echeverria.esPOCH@analysis.orkund.com

Sources included in the report

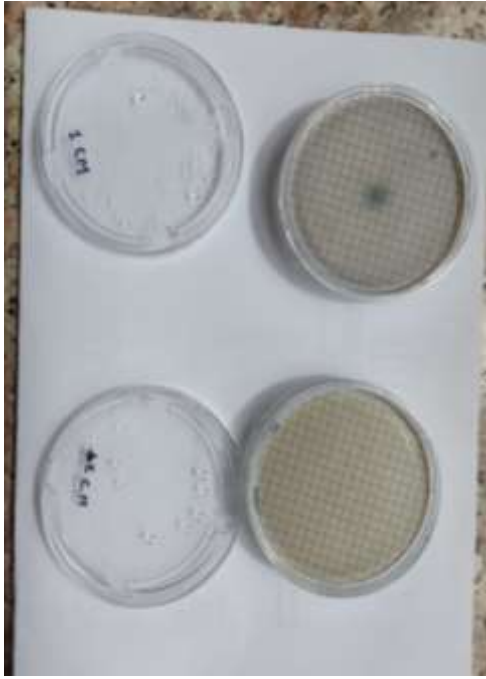
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO / TEISIS MICROCUENCA DEL RIO CEBADAS completo (1).docx		
SA	Document TEISIS MICROCUENCA DEL RIO CEBADAS completo (1).docx (D77790299) Submitted by: andres.beltran@esPOCH.edu.ec Receiver: abeltran.esPOCH@analysis.orkund.com	2
SA	UCE-FCB-VASQUEZ HILARY rev 20220625 antiplagio.docx Document UCE-FCB-VASQUEZ HILARY rev 20220625 antiplagio.docx (D141226351)	1
SA	Patiño_ref_final.docx Document Patiño_ref_final.docx (D47420079)	3
SA	TESIS Burgos Kelly_JC Urkund.docx Document TESIS Burgos Kelly_JC Urkund.docx (D143228124)	9
SA	Research Plan 2020_2021 updated.docx Document Research Plan 2020_2021 updated.docx (D108315050)	3
W	URL: https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/AF/article/view/1767/1796 Fetched: 2022-11-18 22:18:00	1
W	URL: https://www.unep.org/regions/asia-and-pacific/regional-initiatives/supporting-resource-efficie... Fetched: 2022-11-10 22:10:00	1
SA	SECTEI_2019_paper_125.pdf Document SECTEI_2019_paper_125.pdf (D47761334)	1
W	URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf Fetched: 2022-11-18 22:18:00	1

Entire Document

RESUMEN

ANEXO D: FOTOS DEL PROCESO DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR









epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 18 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Ian Geovany Vasco Arias Catalina Belén Verduga Villafuerte
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniero Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

0044-DBRA-UPT-2023