



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
Metalúrgica y Geográfica
Unidad de Posgrado

Estimación de la oferta hídrica de los manantiales de la comunidad campesina de Ihuari, como contribución al desarrollo sostenible, en torno al parque etnobotánico comunal, en Huaral- Lima 2025

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctora en Ciencias
Ambientales

AUTOR

Beatriz Gina HERENCIA FELIX

ASESOR

Dr. Carlos Francisco CABRERA CARRANZA

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Herencia, B. (2026). *Estimación de la oferta hídrica de los manantiales de la comunidad campesina de Ihuari, como contribución al desarrollo sostenible, en torno al parque etnobotánico comunal, en Huaral- Lima 2025*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Beatriz Gina Herencia Felix
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06288609
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0058-6729
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Francisco Cabrera Carranza
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	17402784
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5821-5886
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Enrique Guadalupe Gómez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09191995
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Leonardo Jave Nakayo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01066653
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Walter Javier Díaz Cartagena
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25726173
Datos de investigación	

Línea de investigación	A.2.5.2. Recursos hídricos
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Huaral Distrito: Ihuari Comunidad Campesina: Ihuari Avenida: S/N Latitud: 11° 11' 19" Longitud: 76° 57' 7"
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022 - 2025
URL de disciplinas OCDE	Ciencias del medio ambiente: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08 Oceanografía, Hidrología, Recursos hídricos: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.11



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, a los dieciocho días del mes de marzo del año dos mil veintiséis, siendo las diez horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen Nº 000159-2026-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 03 de marzo del 2026, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE IHUARI, COMO CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE, EN TORNO AL PARQUE ETNOBOTÁNICO COMUNAL, EN HUARAL - LIMA 2025»

Presentado por la Mg. **BEATRIZ GINA HERENCIA FELIX**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA** en **CIENCIAS AMBIENTALES**.

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente Nº UNMSM-20220100030 de fecha 28 de noviembre del 2022, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y que cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral Nº 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente de conformidad al Art. 72 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

Muy BUENO (17)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA** en **CIENCIAS AMBIENTALES** a la Mg. **BEATRIZ GINA HERENCIA FELIX**.

Siendo las 11:00 horas, se dio por concluido al acto académico.

DR. ENRIQUE GUADALUPE GÓMEZ
Presidente

DR. WALTER JAVIER DÍAZ CARTAGENA
Miembro

DR. JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO
secretario

DR. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
Asesor



Anexo 1
CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, doctor CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la UPG N° 000392-2025-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es «**ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE IHUARI, COMO CONTRIBUCION AL DESARROLLO SOSTENIBLE, EN TORNO AL PARQUE ETNOBOTÁNICO COMUNAL, EN HUARAL- LIMA 2025**», presentado por la **magíster** BEATRIZ GINA HERENCIA FELIX, para optar el grado académico de DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES, **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **09%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado académico de DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES.

Lima, 02 de Febrero de 2026

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: Carlos Francisco Cabrera Carranza

DNI: 17402784

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho orgullo a mis queridos hijos Liam y Diego. Cada día que paso a su lado es un regalo que atesoro en mi corazón. Su amor puro, su apoyo incondicional, curiosidad e infinita capacidad de amar han sido la inspiración detrás de cada esfuerzo en mi vida. Esta tesis es un testimonio de que “todo lo que hago, lo hago pensando en ustedes”. ¡¡¡Gracias por estar siempre!!!

AGRADECIMIENTOS

A Dios, muy especialmente a mis hijos les agradezco profundamente su amor incondicional, que son mi inspiración para ser mejor todos los días de mi vida.

A mi asesor el Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza, por su apoyo constante, revisión de mi trabajo y valiosos comentarios enriquecieron este proyecto. Aprecié profundamente su confianza en mi trabajo. A mi amigo y colega el Mg. Cesar Carrera Saavedra, por su apoyo incondicional. ¡¡¡A todos mil Gracias!!!

INDICE

INDICE

RESUMEN	XV
SUMMARY	XVI
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Situación problemática	1
1.2. Formulación del problema	6
1.2.1. Pregunta General	6
1.2.2. Preguntas específicas	6
1.3. Justificación de la investigación	6
1.3.1. Justificación teórica	6
1.3.2. Justificación práctica	7
1.4. Objetivos de la investigación	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Hipótesis de investigación	8
1.5.1. Hipótesis general	8
1.5.2. Hipótesis específicas	8
1.5.3. Matriz de consistencia	9
II. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Marco filosófico de investigación	11
2.1.1. Fundamentos del método científico y el positivismo aplicado a la oferta hídrica	11
2.1.2. Paradigma ambiental: el agua como eje de sostenibilidad ecológica	11
2.1.3. Paradigma territorial: gestión hídrica y ordenamiento del espacio	12
2.1.4. Paradigma del desarrollo sostenible: integración ambiental, social y económica	12
2.1.5. Participación comunitaria y saberes locales como base epistemológica	12
2.2. Antecedentes del problema	13
2.2.1. Antecedentes internacionales	13
2.2.2. Antecedentes nacionales	16
2.3. Bases teóricas	19
2.3.1. Estimación de la oferta hídrica	19
2.3.2. Desarrollo sostenible	27
2.4. Marcos conceptuales	37

III.	METODOLOGIA.....	40
3.1.	Tipo y diseño de investigación	40
3.2.	Variables de investigación.....	40
3.2.1.	Variable independiente.....	40
3.2.2.	Variable independiente.....	41
3.2.3.	Matriz de operacionalización de variables	41
3.3.	Unidad de análisis.....	43
3.4.	Población y muestra	43
3.4.1.	Población	43
3.4.2.	Muestra.....	43
3.4.3.	Selección de la muestra / Muestreo.....	44
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	45
3.5.1.	Técnicas de investigación	45
3.5.2.	Instrumentos de investigación	45
3.6.	Análisis e interpretación de la información	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.	Presentación de resultados.....	48
4.1.1.	Resultados descriptivos.....	48
4.1.2.	Resultados inferenciales	146
4.2.	Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	150
4.2.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	150
4.2.2.	Contrastación de la hipótesis con otras investigaciones	155
	CONCLUSIONES.....	161
	RECOMENDACIONES	162
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	163
	ANEXOS.....	166

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Matriz de consistencia.....	9
Cuadro 2 Operacionalización de variables.....	42
Cuadro 3 Factores que condicionan el régimen hidrológico de los manantiales	49
Cuadro 4 Coordenadas y cotas altimétricas de manantiales de Ihuari	52
Cuadro 6 Cronograma de registros de caudal de los nueve manantiales.....	58
Cuadro 7 Registros de caudal del manantial M001 en el mes de marzo	58
Cuadro 8 Registros de caudal del manantial M001 en el mes de agosto	59
Cuadro 9 Registros de caudal del manantial M009 en el mes de marzo	59
Cuadro 10 Registros de caudal del manantial M009 en el mes de agosto	60
Cuadro 11 Registro de los caudales medios mensuales (Octubre 2022 -septiembre 2024).....	61
Cuadro 12 Caudal medio mensual de los manantiales en época de estiaje (mayo–noviembre)	62
Cuadro 13 Volumen de agua acumulado en una semana	68
Cuadro 14 Acumulación horaria del volumen de agua para diseño del reservorio.....	71
Cuadro 15 Distribución funcional del parque etnobotánico ajustada a 25 hectáreas	80
Cuadro 16 Tipos de vegetación y eficiencia fotosintética (EF)	84
Cuadro 17 Producción de biomasa por compartimento del parque etnobotánico	86
Cuadro 18 Niveles de eficiencia fotosintética por compartimento	88
Cuadro 19 Biomasa y oxígeno generado por compartimentos del Parque Etnobotánico.....	90
Cuadro 20 Grado de influencia de la oferta hídrica en la eficiencia fotosintética	93
Cuadro 21 Correlación Spearman Rho entre la oferta hídrica y la eficiencia fotosintética	94
Cuadro 22 Correlación de Spearman entre la eficiencia fotosintética y la sostenibilidad ambiental.	95
Cuadro 23 Disponibilidad hídrica diaria y semanal para riego rotativo en el parque etnobotánico.	96
Cuadro 24 Eficiencia hídrica de las plantas xerofíticas y porcentaje de área cubierta	97
Cuadro 25 Valoración de la calidad paisajística del parque etnobotánico de Ihuari (n=10).....	98
Cuadro 26 Grado de influencia de la oferta hídrica en la calidad paisajística	99
Cuadro 27 Correlación Spearman Rho, entre la oferta hídrica y la calidad paisajística	100
Cuadro 28 Correlación de Spearman entre la calidad paisajística y la sostenibilidad ambiental....	101
Cuadro 29 Grado de influencia de la oferta hídrica en el equilibrio ecológico.....	105
Cuadro 30 Grado de correlación de Spearman entre oferta hídrica y el equilibrio ecológico	106
Cuadro 31 Grado de correlación de Spearman entre el equilibrio ecológico y la sostenibilidad ambiental	107
Cuadro 32 Correlación entre oferta hídrica y sostenibilidad ambiental	109
Cuadro 33 Descripción técnica de los componentes hidráulicos principales	112
Cuadro 34 Infraestructura hidráulica y complementarios del parque etnobotánico	113
Cuadro 35 Compartimientos, infraestructura y equipamiento físico del parque etnobotánico.	114
Cuadro 36 Grado de influencia de la oferta hídrica en el diseño de infraestructuras sostenibles.	117
Cuadro 37 Correlación de Spearman entre la oferta hídrica e infraestructura sostenible.....	118
Cuadro 38 Correlación de Spearman entre infraestructura sostenible y sostenibilidad económica.	118
Cuadro 39 Principales especies hortícolas, ornamentales y ecológicas empleadas	121
Cuadro 40 Distribución funcional de especies vegetales para horticultura sostenible.....	122
Cuadro 41 Grado de influencia de la oferta hídrica para la horticultura sostenible	123
Cuadro 42 Correlación de Spearman Rho entre oferta hídrica y la horticultura sostenible	124
Cuadro 43 Correlación de Spearman entre horticultura sostenible y sostenibilidad económica	125

Cuadro 44 Parámetros cuantitativos del turismo sostenible	127
Cuadro 45 Grado de influencia de la oferta hídrica en el turismo sostenible	128
Cuadro 46 Opinión técnica de expertos del impacto de la oferta hídrica en el parque etnobotánico	129
Cuadro 47 Experiencias exitosas de turismo sostenible en espacios etnobotánicos	130
Cuadro 48 Correlación de Spearman Rho entre oferta hídrica y el turismo sostenible	131
Cuadro 49 Correlación de Spearman entre turismo sostenible y sostenibilidad económica	132
Cuadro 50 Correlación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad económica	133
Cuadro 51 Experiencias de participación comunitaria	136
Cuadro 52 Grado de influencia de la oferta hídrica en la participación comunitaria	137
Cuadro 53 Correlación entre oferta hídrica y participación comunitaria	138
Cuadro 54 Correlación entre participación comunitaria y sostenibilidad social	138
Cuadro 55 Grado de influencia de la oferta hídrica en la satisfacción comunitaria	139
Cuadro 56 Correlación entre oferta hídrica y satisfacción comunitaria	140
Cuadro 57 Correlación de Spearman entre comunitaria en la sostenibilidad social	141
Cuadro 58 Correlación entre la oferta hídrica y sostenibilidad social	143
Cuadro 59 Correlación entre la oferta hídrica y desarrollo sostenible	145
Cuadro 60 Nivel de correlación entre oferta hídrica y sostenibilidad ambiental	147
Cuadro 61 Nivel de correlación entre oferta hídrica y sostenibilidad económica	148
Cuadro 62 Nivel de correlación entre oferta hídrica y sostenibilidad social	148
Cuadro 63 Nivel de correlación entre oferta hídrica y desarrollo sostenible	149
Cuadro 64 Resultados inferenciales de la hipótesis específica 1	151
Cuadro 65 Resultados inferenciales de la hipótesis específica 2	152
Cuadro 66 Resultados inferenciales de la hipótesis específica 3	154
Cuadro 67 Resultados inferenciales de la hipótesis general	155
Cuadro 68 Relación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad ambiental	156
Cuadro 69 Relación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad económica	157
Cuadro 70 Relación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad social	158
Cuadro 71 Relación entre la oferta hídrica y el desarrollo sostenible	160

Índice de Figuras

Figura 1 Medición de caudales en campo	20
Figura 2 El método flotador (secciones transversales) para medición de caudales.....	21
Figura 3 Método volumétrico para medición de caudales	21
Figura 4 Modelo de registro de mediciones de caudal.	22
Figura 5 Caudal de diseño: Caudal disponible vs caudal de demanda	24
Figura 6 Variación anual del caudal con picos máximos y mínimos.....	25
Figura 7 Curva de duración de caudales.....	26
Figura 8 Curva masa de acumulación de caudales.....	26
Figura 9 Parque etnobotánico: Herrenhäuser Gärten, Hannover, Alemania	37
Figura 10 Distribución mensual de la precipitación pluvial en Ihuari	50
Figura 11 Paisaje semiárido de la c.c. Ihuari.....	51
Figura 12 Cota altimétrica de los manantiales.....	53
Figura 13 Ubicación de manantiales y el parque etnobotánico.....	54
Figura 14 Instrumentos de medición de caudales	56
Figura 15 Medición de caudales en campo	57
Figura 16 Variación estacional del caudal total mensual (2022–2024).....	66
Figura 17 Curva masa de caudales mensuales acumulados (2022–2024)	67
Figura 18 Curva masa del caudal de diseño de 7 días.....	69
Figura 19 Curva de duración de caudales mensuales.....	70
Figura 20 Reservorio de agua de forma rectangular	73
Figura 21 Reservorio de agua de forma circular.....	74
Figura 22 El parque etnobotánico y sus dimensiones	76
Figura 23 Compartimiento del parque etnobotánico con vegetación xerofita	77
Figura 24 Pirámide trunca para observatorio celeste y paisajístico	78
Figura 25 Obelisco central del parque etnobotánico	79
Figura 26 Anfiteatro semicircular de base circular en el parque etnobotánico...	80
Figura 27 Revitalización ecológica de las 25ha del parque etnobotánico.....	82
Figura 28 La puya Titanca (Puya raimondii Harms)	89
Figura 29 Impacto visual de la calidad paisajística.....	97

Figura 30 Tecnificación del uso de agua por aspersión para mejorar el equilibrio ecológico	102
Figura 31 Sistema hidráulico de riego tecnificado por aspersión.....	111
Figura 32 Modelo d estación meteorológica para el parque etnobotánico.....	116
Figura 33 Plantas nativas de la ecorregión serranía esteparia para el parque etnobotánico.....	120
Figura 34 Modelo de un obelisco optimo para la parte central del parque etnobotánico.....	126
Figura 35 Evento comunal y participación comunitaria.....	135
Figura 36 Grafica de dispersión de los índices de desarrollo y oferta hídrica .	146

RESUMEN

La investigación realizada en la Comunidad Campesina de Ihuari demostró que la oferta hídrica de los manantiales constituye un factor determinante para el desarrollo sostenible, tomando como eje el parque etnobotánico. La metodología empleada combinó técnicas cuantitativas y cualitativas, para la variable 1 (oferta hídrica) se aplicó la medición de caudales en campo mediante aforos directos, lo que permitió obtener valores precisos de disponibilidad de agua; mientras que para la variable 2 (desarrollo sostenible) se utilizaron encuestas sociales y técnicas dirigidas a pobladores y especialistas, recolectando percepciones y criterios sobre la sostenibilidad ambiental, económica y social. Los resultados mostraron una correlación positiva alta en todas las dimensiones evaluadas. En el ámbito ambiental, la correlación alcanzó 0.803 con una percepción comunitaria de 87.70%. En lo económico, con un coeficiente de 0.796 y 76.90% de ponderación, se evidenció la viabilidad productiva y turística del parque. En lo social, la correlación de 0.837 y la ponderación de 89.20% demostraron que la gestión hídrica fortalece el bienestar comunitario.

La evidencia más importante confirma que el recurso hídrico, con un coeficiente general de 0.860, no solo garantiza la sostenibilidad ambiental, sino que también sostiene la cohesión social y la productividad económica, consolidando al agua como el pilar estratégico del desarrollo sostenible en Ihuari.

Palabras claves: Oferta hídrica, Desarrollo sostenible, Comunidad campesina, Parque etnobotánico, infraestructura sostenible, participación comunitaria, eficiencia fotosintética, calidad paisajística.

SUMMARY

Research conducted in the Ihuari Rural Community demonstrated that the water supply from springs is a determining factor for sustainable development, focusing on the ethnobotanical park. The methodology used combined quantitative and qualitative techniques: for variable 1 (water supply), field flow measurements were applied through direct gauging, which allowed for obtaining precise values of water availability; while for variable 2 (sustainable development), social and technical surveys were used, targeting residents and specialists, collecting perceptions and criteria on environmental, economic, and social sustainability.

The results showed a high positive correlation across all dimensions evaluated. In the environmental area, the correlation reached 0.803 with a community perception of 87.70%. In the economic area, with a coefficient of 0.796 and a weighting of 76.90%, the park's productive and tourism viability was evident. In the social area, the correlation of 0.837 and a weighting of 89.20% demonstrated that water management strengthens community well-being.

The most important evidence confirms that water resources, with an overall coefficient of 0.860, not only guarantee environmental sustainability but also sustain social cohesion and economic productivity, consolidating water as the strategic pillar of sustainable development in Ihuari.

Keywords: Water supply, Sustainable development, Rural community, Ethnobotanical park, Sustainable infrastructure, Community participation, Photosynthetic efficiency, Landscape quality

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

La oferta hídrica de los manantiales es el volumen de agua que emerge del subsuelo de forma natural, disponible para el consumo humano, agrícola o ecosistémico. Depende de la recarga, geología y clima. Según Bury et al. (2013), en los Andes peruanos, son indicadores de cambios hídricos y clave para la seguridad hídrica en zonas altoandinas. Los manantiales constituyen expresiones superficiales de corrientes subterráneas, tanto de origen subsuperficial como profundo, cuya manifestación natural —intermitente o permanente— responde a la dinámica hidrogeológica del sistema acuífero local (Custodio & Llamas, 1983; ANA, 2015). Estos cuerpos de agua poseen alto valor hidrológico, ecológico y paisajístico, y representan recursos clave en la economía comunal de zonas altoandinas, al proveer caudales accesibles para el uso doméstico, agrícola y recreativo. Sin embargo, su permanencia se encuentra amenazada por los efectos sinérgicos del cambio climático, la deforestación de laderas, la pérdida de cobertura vegetal y la erosión acelerada de suelos, procesos que inciden directamente en su reducción o desaparición (MINAM, 2020). En este contexto, la estimación técnica de sus caudales —mediante el método volumétrico— se vuelve prioritaria para la planificación hídrica y agroecológica, ya que permite proyectar el aprovechamiento sostenible del recurso en función de nuevas áreas de cultivo, restauración paisajística y dinamización de espacios sostenibles como un parque etnobotánico bajo criterios de resiliencia y conservación ambiental.

Por otro lado, el desarrollo sostenible se entiende como una forma integral de organizar el sistema económico, social y ambiental, que supera las divisiones sectoriales tradicionales y promueve una relación equilibrada entre las comunidades y su entorno natural. Este concepto fue planteado por primera vez en el Informe Brundtland (WCED, 1987), donde se define como un desarrollo que atiende las necesidades actuales sin afectar la capacidad de las generaciones futuras. En los ecosistemas altoandinos, esta visión adquiere un enfoque más amplio, ya que busca fortalecer el sistema territorial y ecológico a través del diseño de infraestructuras

apropiadas al medio físico y social. Su efectividad depende del uso responsable de los recursos naturales, especialmente del agua, lo que permite aumentar la resiliencia ambiental y generar una relación armónica entre naturaleza, cultura y economía local, como base para el desarrollo sostenible del territorio (PNUMA, 2012; CEPAL, 2021).

En relación al parque etnobotánico comunal, este se define como un espacio territorial destinado a la conservación in situ de especies vegetales de importancia cultural, medicinal, alimentaria o simbólica, gestionado de manera participativa por la comunidad local (Toledo, 1992; CIFOR, 2010). Constituye una infraestructura socioambiental multifuncional que integra actividades de educación ambiental, turismo vivencial, revalorización de saberes tradicionales y restauración ecológica (CEPAL, 2021). En territorios rurales altoandinos, su implementación se articula a estrategias de desarrollo sostenible que priorizan la gestión integral del recurso hídrico, la inclusión intergeneracional y el aprovechamiento responsable del paisaje (Rodríguez & Rojas, 2017).

La oferta hídrica estimada durante el estiaje, proveniente de manantiales de régimen permanente, constituye el fundamento estratégico para el desarrollo sostenible de la Comunidad Campesina de Ihuari. Esta disponibilidad sostenida de agua viabiliza la operatividad del parque etnobotánico comunal, infraestructura clave que articula funciones ambientales (conservación de especies nativas), económicas (turismo vivencial y agroecología) y sociales (educación ambiental, participación intergeneracional y cohesión territorial). En este contexto, el agua se configura como recurso estructurante del bienestar colectivo, cuya gestión técnica y comunal permitirá consolidar una propuesta integral de sostenibilidad territorial en ecosistemas altoandinos.

Se puede establecer entonces una relación entre la oferta hídrica de los manantiales y la demanda territorial para el desarrollo sostenible. En ese sentido, el conocimiento sistemático y la valoración cuantitativa de los manantiales, resulta una información de importancia estratégica para diseñar el desarrollo sostenible de las comunidades rurales (|Smith & Cross, 2019).

En efecto, en aquellas zonas como la comunidad campesina de Ihuari, el agua determina el desarrollo agroecológico, base de la economía rural, no obstante la totalidad de las comunidades campesinas del Perú, no registran el inventario de sus manantiales y no se conoce la cantidad de agua disponible para sostener o

incrementar las áreas agroecológicas o para el sostenimiento de parques etnobotánicos, por lo que se constituye en una necesidad, el inventario y el cálculo volumétrico de la oferta hídrica de estos manantiales para la promoción del desarrollo sostenible en esas regiones rurales alto andinas del Perú, sobre la base del aprovechamiento y gestión sostenible de los mismos. La disponibilidad volumétrica del agua en ámbitos rurales, tiene gran impacto en la planificación agroecológica y en el desarrollo sostenible. No obstante, la amenaza envolvente del cambio climático y fundamentalmente la crisis de la agricultura tradicional de los Andes está llevando a la pérdida inevitable de los manantiales, toda vez que se han reducido drásticamente la tasa de infiltración que retroalimentan las napas freáticas, debido al abandono de millones de hectáreas de tierras de cultivo.

Al respecto el proyecto *Raíces del Agua* (2014), desarrollado en la cuenca del río Segura, España, hizo un catálogo-inventario de manantiales y fuentes, así como de los patrimonios hidráulicos asociados a la cuenca del río Segura, con el propósito de divulgar y poner en valor los recursos hídricos, particularmente de los manantiales promoviendo su restauración, conservación y uso sostenible en las comunidades locales.

A nivel global, los países con mayor avance científico y tecnológico como Israel han incorporado la tecnología compacta de inteligencia artificial para realizar una evaluación sistemática de los manantiales (Ein Gedi, Ein Prat) y una distribución milimétrica de sus aguas. Los países como España, también de paisajes semiáridos, han logrado grandes avances en el inventariado de sus manantiales obteniendo una mejor valorización económica y ambiental (Silva & Ochoa, 2016).

Hay una tendencia mundial por la cuantificación y valorización económica de los recursos ambientales, tal como se puede constatar en los países de Europa, China y Norteamérica (Ávila, 2018). En América Latina hay avances interesantes en México y Bolivia, principalmente en cuanto al inventario de manantiales a nivel de territorios locales.

Esta experiencia global puede ser interpolada en nuestro país, para la estimación de los caudales de los manantiales a nivel de comunidades campesinas (ANA, 2015).

Sin embargo, a la fecha en el Perú no se ha reportado información explícita sobre el inventario de manantiales a nivel de comunidades campesinas. Ninguna comunidad campesina del Perú tiene inventariado sus fuentes de agua provenientes de los manantiales. Sin embargo, la iniciativa más interesante fue el proyecto *Inventario de*

Recursos Hídricos en la Reserva Nacional de Junín, ejecutado por la Autoridad Administrativa del Agua Mantaro, donde se identificaron 522 manantiales, 41 lagunas, 70 ríos y 27 quebradas en el área de la Reserva Nacional de Junín (2015). En economías subdesarrolladas como la nuestra, coexisten la sobreexplotación y subexplotación de los manantiales por la falta de conocimiento científico, una gestión estratégica y una administración sostenible, por lo que resulta en pocos beneficios ambientales y económicos. La falta de proyectos de desarrollo territorial, el déficit de infraestructura física, los bajos niveles de conocimiento competente, la falta de conciencia ambiental, así como la pobreza rural crónica, no han generado las condiciones materiales para el desarrollo sostenible de las economías rurales, lo que obliga entre otros aspectos, hacer el inventario de los recursos ambientales y territoriales, el cual es determinante para definir la planificación territorial y el aprovechamiento eficiente de los recursos ambientales en el marco del desarrollo sostenible, y que se traduzca en la mejora económica y ambiental de la población y su entorno (UICN, 2018).

En zonas áridas y semiáridas del Perú, como la costa y la vertiente occidental de los Andes, los manantiales cumplen una función crítica como fuentes permanentes de agua. Sin embargo, diversos estudios indican que son altamente vulnerables a la variabilidad estacional y climática, mostrando disminuciones significativas de caudal durante el estiaje, especialmente en regiones con balance hídrico negativo (ANA, 2015; SENAMHI, 2020; Rodríguez & Valverde, 2019).

Según el Sistema de Información sobre Comunidades Campesinas del Perú (SICCAM), en el año 2019, se han registrado 7282 comunidades campesinas. Así mismo según el III Censo de Comunidades Nativas y el I Censo de Comunidades Campesinas del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el Perú tiene 9,385 comunidades, de las cuales 2,703 son nativas y 6,682 campesinas. A la fecha actual, la totalidad de las comunidades campesinas no han hecho inventario de sus recursos hídricos a nivel de manantiales, por lo que se constituye en una gran oportunidad para hacerlo, principalmente para las comunidades campesinas costeras y andinas del Perú, de climas secos. En estos espacios se disponen de suelos de alta calidad agrologica, los mismos que pueden ser incorporados al aprovechamiento productivo como nuevas parcelas agrícolas,

como parte fundamental del desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari, alimentado por los manantiales.

La Comunidad Campesina de Ihuari, localizada en la vertiente occidental de los Andes centrales, presenta condiciones agroecológicas favorables: suelos agrícolas de buena calidad, un paisaje semiárido con potencial productivo y escénico, y una accesibilidad estratégica a los principales centros urbanos del eje Sayan–Huacho–Chancay–Lima Metropolitana. No obstante, enfrenta una limitante estructural de oferta hídrica, con escasez crítica durante más de ocho meses al año, situación que condiciona el uso sostenible del territorio. En este escenario, se hace necesario el inventariado sistemático de manantiales y la estimación técnica de sus caudales, con el fin de establecer un balance hídrico territorial que permita sustentar intervenciones productivas y ambientales. Uno de los espacios clave de esta estrategia es el parque etnobotánico comunal, concebido como infraestructura ecológica y cultural, que integrará conservación de especies nativas, manejo agroecológico y educación ambiental. La gestión racional del agua subterránea permitirá mantener su operatividad durante todo el año, activando procesos de restauración del paisaje, diversificación económica y fortalecimiento de la identidad comunal, bajo un enfoque de desarrollo sostenible ambiental, económico y social.

Frente al escenario de déficit hídrico estacional que afecta a la Comunidad Campesina de Ihuari, la presente investigación tiene como finalidad generar conocimiento geoespacial y cuantitativo sobre los manantiales locales, a través de su georreferenciación precisa y la estimación volumétrica de sus caudales. Sobre esta base técnica, se ha diseñado una propuesta de circuito funcional de redes de agua manantial, orientado a su aprovechamiento sostenible mediante sistemas de riego tecnificado, tanto para el impulso de nuevos modelos agroecológicos como para el abastecimiento del parque etnobotánico comunal, infraestructura estratégica del territorio. Esta aproximación se sustenta en los principios del desarrollo sostenible definidos en el Informe Brundtland (WCED, 1987), considerando la integración equilibrada de las dimensiones ambiental, económica y social. Bajo esta premisa, se formula la siguiente interrogante de investigación:

¿En qué medida la estimación de la oferta hídrica de los manantiales permitirá el desarrollo sostenible de la Comunidad Campesina de Ihuari en torno al parque etnobotánico?

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Pregunta General

¿En qué medida la oferta hídrica de los manantiales contribuye al desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuai, en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima Perú 2025?

1.2.2. Preguntas específicas

PE1: ¿De qué manera la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad ambiental de la comunidad campesina de Ihuari en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025?

PE2: ¿De qué manera la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad económica de la comunidad campesina de Ihuari en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025?

PE3: ¿De qué manera la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad social de la comunidad campesina de Ihuari en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación teórica

La presente investigación aporta al campo de las ciencias ambientales, hidrológicas y territoriales mediante la estimación cuantitativa y espacial de la oferta hídrica de los manantiales de la Comunidad Campesina de Ihuari, entendida como variable estructural para el desarrollo sostenible en contextos rurales de montaña. Su aplicación se concreta en el diseño funcional del parque etnobotánico comunal, infraestructura socioproductiva destinada a la conservación de especies nativas, educación ambiental y dinamización económica mediante prácticas agroecológicas y turismo vivencial. Este parque no solo representa un espacio físico de conservación y manejo de especies nativas, sino también un dispositivo territorial de activación económica y cohesión social, donde el recurso hídrico adquiere un rol estructurante. El vínculo entre caudal de diseño, infraestructura hídrica comunal y sistemas

productivos permite validar una propuesta integral, donde el agua deja de ser un recurso pasivo y se convierte en factor activo de ordenamiento territorial y cohesión comunal.

Asimismo, se fortalece la relación entre ciencia aplicada y planificación participativa, al proponer un modelo replicable que articula conocimiento técnico, tradición agrícola andina e innovación territorial, bajo principios de eficiencia hídrica y sostenibilidad. La investigación responde a vacíos teóricos existentes en torno a la oferta hídrica rural como base funcional de proyectos territoriales, y se alinea con los objetivos de la Agenda 2030, incorporando dimensiones ambientales, sociales y económicas en una estructura analítica con alto valor académico, técnico y político.

1.3.2. Justificación practica

La justificación práctica de esta investigación radica en la resolución de un problema estructural de escasez hídrica en zonas rurales altoandinas, donde el balance hídrico anual es marcadamente deficitario. En este contexto, la estimación volumétrica de la oferta hídrica de los manantiales de la Comunidad Campesina de Ihuari permite cuantificar técnicamente la disponibilidad de agua subterránea y proyectar su uso racional en actividades agroecológicas sostenibles. Esta información posibilita el diseño de sistemas de distribución tecnificada y la incorporación de nuevas áreas de cultivo, con criterios de eficiencia, resiliencia y sostenibilidad.

El conocimiento anualizado del caudal disponible no solo mejora la planificación hídrica comunal, sino que sustenta decisiones concretas en torno al parque etnobotánico, el cual constituye una infraestructura estratégica para la restauración ecológica, la diversificación productiva y la educación ambiental. De este modo, la investigación genera impactos directos en la economía rural, la seguridad hídrica y la gestión del territorio, fortaleciendo capacidades locales y favoreciendo procesos de organización comunal en torno a la conservación y el uso eficiente del agua, con efectos positivos en los ámbitos ambiental, social y económico del territorio de Ihuari.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Estimar la contribución de la oferta hídrica de los manantiales para el desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025

1.4.2. Objetivos específicos

OE1: Determinar la contribución de la oferta hídrica a la sostenibilidad ambiental de la Comunidad Campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico. Huaral, Lima-Perú 2025.

OE2: Determinar la contribución de la oferta hídrica a la sostenibilidad económica de la Comunidad Campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico. . Huaral, Lima-Perú 2025.

OE3: Determinar la contribución de la oferta hídrica a la sostenibilidad social de la Comunidad Campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico. Huaral, Lima-Perú 2025.

1.5. Hipótesis de investigación

1.5.1. Hipótesis general

La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye al desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025.

1.5.2. Hipótesis específicas

HE1: La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad ambiental de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025.

HE2: La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad económica de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico, en Huaral, Lima-Perú 2025.

HE3: La estimación de la oferta hídrica contribuye a la sostenibilidad social de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico, en Huaral, Lima-Perú 2025.

1.5.3. Matriz de consistencia

La matriz de consistencia de la presente investigación, articula problema, objetivos, hipótesis, variables, dimensiones, indicadores, técnicas e instrumentos, asegurando coherencia lógica, metodológica y operativa entre los componentes del diseño de investigación científica (Cuadro 1).

Cuadro 1 Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	TIPO VARIABLES	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
¿En qué medida la oferta hídrica de los manantiales contribuye al desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima Perú 2025?	Estimar la contribución de la oferta hídrica de los manantiales para el desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025	La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye al desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025.	VARIABLE 1	Oferta hídrica de los manantiales	Volumen de caudal	L/s; m3	Litros por segundo (l/s)
					Variación del caudal	Diferencia de caudal	Diferencia porcentual (%)
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS					
PE1: ¿De qué manera la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad ambiental de la comunidad campesina de Ihuari en	OE1: Determinar la contribución de la oferta hídrica a la sostenibilidad ambiental de la Comunidad Campesina de Ihuari, en torno al parque	HE1: La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad ambiental de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico en	VARIABLE 2	Desarrollo sostenible	Sostenibilidad ambiental	Eficiencia ecosistémica	Índice dimensional (0-1)
						Calidad paisajística	
						Equilibrio ecológico	

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco filosófico de investigación

2.1.1. Fundamentos del método científico y el positivismo aplicado a la oferta hídrica

El presente estudio se sustenta en la tradición positivista, en tanto la realidad hídrica de los manantiales de la Comunidad Campesina de Ihuari se abordó desde la observación empírica y la medición cuantitativa. El aforo directo permitió registrar con precisión los caudales, lo que responde a la exigencia de verificabilidad y objetividad propia del método científico. Como señala Bunge (2003), el positivismo reconoce en los hechos observables la base de toda construcción científica, y en este caso, el agua constituye el objeto empírico central de la investigación.

2.1.2. Paradigma ambiental: el agua como eje de sostenibilidad ecológica

El agua de los manantiales no se concibe únicamente como recurso, sino como un geocomponente vital que estructura la relación entre la comunidad y su entorno ecológico. Desde el paradigma ambiental, se entiende que la gestión hídrica es clave para la conservación de ecosistemas locales y para la resiliencia frente al cambio climático. En esta línea, Leff (2006) sostiene que la sustentabilidad requiere integrar las dimensiones ecológicas y culturales en el manejo de los recursos naturales, mientras Gudynas (2011) resalta que el agua es un bien común cuya gestión trasciende lo económico y adquiere un carácter ético y político. En el caso de Ihuari, la disponibilidad hídrica constituye el soporte del parque etnobotánico, espacio donde se articulan la biodiversidad, el conocimiento local y la preservación ambiental.

2.1.3. Paradigma territorial: gestión hídrica y ordenamiento del espacio

El territorio de la Comunidad Campesina de Ihuari se configura en torno a la oferta hídrica, que define tanto los usos agrícolas como la proyección turística del parque etnobotánico. Desde el paradigma territorial, el agua se interpreta como vector de ordenamiento, en tanto orienta la ocupación y la organización espacial. Boisier (2001) plantea que el desarrollo territorial no puede desvincularse de los recursos endógenos, mientras que Schejtman y Berdegué (2004) subrayan que la gestión territorial sostenible depende de la articulación entre recursos, instituciones y actores locales. En este contexto, los manantiales constituyen el soporte físico que convierte al parque etnobotánico en un instrumento de desarrollo y cohesión espacial.

2.1.4. Paradigma del desarrollo sostenible: integración ambiental, social y económica

El desarrollo sostenible, entendido según la Comisión Brundtland (1987) como aquel que satisface las necesidades presentes sin comprometer a las futuras generaciones, encuentra en la oferta hídrica su condición indispensable. En Ihuari, los resultados de la investigación demuestran que el agua garantiza no solo la sostenibilidad ambiental, sino también la viabilidad económica y social del parque etnobotánico. Sachs (2015) destaca que el agua es un recurso estratégico para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular los vinculados a la seguridad hídrica, la reducción de la pobreza y el bienestar comunitario. Así, el parque etnobotánico se proyecta como un modelo de integración de las tres dimensiones de la sostenibilidad, con el agua como su pilar fundamental.

2.1.5. Participación comunitaria y saberes locales como base epistemológica

La investigación reconoce que la participación comunitaria no solo legitima el proceso científico, sino que aporta un conocimiento fundamental para la gestión hídrica y la planificación del parque etnobotánico. Desde la perspectiva de las epistemologías del sur, De Sousa Santos (2010) sostiene que los saberes locales

deben integrarse a la ciencia académica para construir alternativas más inclusivas y contextualizadas de desarrollo. En este caso, las encuestas sociales y técnicas aplicadas a los comuneros revelaron percepciones y prácticas que fortalecen la gobernanza hídrica y consolidan la apropiación colectiva del parque. De este modo, el agua no solo sostiene la producción agrícola y la biodiversidad, sino también la identidad cultural y la cohesión social de la comunidad de Ihuari.

2.2. Antecedentes del problema

2.2.1. Antecedentes internacionales

León, S (2011). Incorporación de los principios de sustentabilidad en la actividad agrícola, en el municipio Jilotepec, Estado de México. Instituto Politécnico Nacional. Esta investigación analiza la situación problemática irreversible de prácticas agrícolas ineficientes y sus graves consecuencias medioambientales, por lo que se mantiene la pobreza secular de los agricultores, por eso uno de los objetivos de este trabajo de investigación es plantear los principios de la sustentabilidad agrícola como una nueva forma de producción rural que pueda mejorar la calidad de vida de los habitantes y de las condiciones ambientales y paisajísticas. Se trata de una investigación de enfoque cualitativo, exploratorio y no experimental. Su principal instrumento de investigación son las encuestas.

En efecto, el autor como punto de partida establece el plano contextual de la sustentabilidad para identificar los principios de la agricultura sustentable, que tome en cuenta aspectos de la agricultura desde una perspectiva ambiental, social y económica.

Para esto el autor hace un diagnóstico de la zona sobre la base de una serie de cuestionarios o encuestas, acerca de la situación agrícola que le permite obtener sus indicadores.

Utilizando tablas de multicriterio, plantea actividades de mejora en la producción agrícola. Demuestra que son necesarias las modificaciones a la agricultura tradicional que se practica, con las que el trabajo agrícola de la zona puede llegar a ser sustentable, cuya aplicación depende de integrar los conocimientos técnicos y científicos con la tradición cultural de la zona.

Fuente:

<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/13028/1/TESIS%20SAN%20DRA%20IVETTE%20LEON%20VILLEDA.pdf>

Aranzazu, H. (2016). *Descripción espacial de los manantiales con mayor descarga en los municipios de Coatepec, Xalapa y Xico, Ver. México*. Universidad Veracruzana de México

La investigación tuvo como finalidad identificar a través del análisis de datos con Sistemas de Información Geográfica (SIG), manantiales de mayor descarga de litro por segundo (l/seg), en el ámbito territorial de un municipio. La localización georreferenciada y la delimitación de sus áreas de influencia directa.

Se trata de una investigación en el nivel exploratorio, que precisa la distribución espacial de los manantiales mediante la localización georreferenciada y la delimitación de sus áreas de influencia directa. Llego a identificar 16 manantiales con caudales diferenciales y áreas de influencia de medianas y pequeñas extensiones. En sus hallazgos identifiqué el impacto tangible que genera el conocimiento cuantitativo de los caudales instantáneos de los manantiales en el dimensionamiento de los usos del suelo.

Fuente:

https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/tesis_descripcion-espacial-de-los-manantiales.pdf

Mendoza, R., Yáñez, M., & Sayago, A. (2014). *Jardines etnobotánicos como herramienta para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible*. Revista Botánica Complutense, Universidad Complutense de Madrid.

Los autores de esta publicación abordan el papel de los jardines etnobotánicos como espacios integrales para la conservación de la biodiversidad vegetal y el impulso del desarrollo local sostenible. El enfoque del estudio es documental y analítico, y revisa distintas experiencias de jardines etnobotánicos en regiones mediterráneas y latinoamericanas, destacando su valor científico, educativo, cultural y económico. El objetivo del artículo fue demostrar cómo estos espacios permiten la integración del conocimiento tradicional con programas de conservación ex situ e in situ, contribuyendo a la educación ambiental, el ecoturismo y el empoderamiento de las comunidades locales. Los principales hallazgos confirman que los jardines etnobotánicos no solo son herramientas de conservación biológica, sino también

plataformas para la sostenibilidad cultural y económica. Los autores concluyen que, con una planificación adecuada, estos espacios pueden articular acciones de manejo del territorio, uso racional del agua, y fortalecimiento de la identidad cultural, cumpliendo un rol estratégico dentro de las políticas de desarrollo sostenible.

Fuente: <https://revistas.ucm.es/index.php/BOCM/article/view/46885>

Sandoval, R (2020). *Delimitación de áreas de gestión para manantiales ubicados en la cuenca presa de Guadalupe, Estado de México*. Universidad Autónoma del Estado de México

La investigación tuvo como objetivo principal georreferenciar e inventariar los manantiales para uso y consumo humano dentro de una cuenca hidrológica. Es una investigación de enfoque cuantitativo, de nivel aplicativo y de tipo de diseño experimental.

Para el procesamiento de datos geoespaciales e hídricos se utilizaron los softwares ArcGIS e IDRISI Terset, que se fundamenta en el modelo digital de elevación y la red hidrográfica; importantes para estimar la cantidad de infiltración, escurrimiento y delimitar las zonas de protección de los manantiales.

Demostó la variación de los procesos hidrológicos, así por ejemplo la infiltración empieza en mayo y terminan en octubre; siendo los meses de junio a septiembre, el periodo de máximos hídricos por lo que dentro de este periodo la cantidad de agua de los manantiales tiende a ser más alta.

Fuente:

https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109524/Tesis_MAEG_Septiembre2020_RSS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Toledo, V. M. (2005). *La memoria tradicional: etnobotánica y sustentabilidad*. Gaceta Ecológica, INE–SEMARNAT, México.

El autor de esta publicación analiza la función de los jardines etnobotánicos como espacios territoriales donde se articulan el conocimiento ecológico tradicional, la conservación de la biodiversidad y los principios del desarrollo sostenible. La investigación tiene un enfoque documental y analítico, de tipo cualitativo, basado en estudios de caso en comunidades rurales de México. En este trabajo, Toledo destaca que los jardines etnobotánicos no solo resguardan especies vegetales de valor cultural, sino que también cumplen un rol educativo, económico y simbólico. Entre

los principales hallazgos, se resalta que estos espacios promueven la soberanía alimentaria, la identidad local y el uso racional de los recursos naturales. El autor plantea que el conocimiento ancestral sobre plantas medicinales, alimenticias y rituales puede integrarse a nuevas estrategias de planificación territorial sostenible. En ese sentido, se concluye que los parques etnobotánicos son infraestructuras socioecológicas que viabilizan la sostenibilidad ambiental, económica y cultural de las comunidades, especialmente en contextos de vulnerabilidad climática y pérdida de diversidad biocultural.

Fuente:

https://www.researchgate.net/publication/279182620_La_memoria_tradicional_etno_botanica_y_sustentabilidad

2.2.2. Antecedentes nacionales

Alfaro, R. (2015). *“Inventario e identificación de los recursos hídricos superficiales de la cuenca río Rejo, 2015*. Universidad Privada del Norte, Lima – Perú.

El autor de esta investigación, tiene como objetivo principal identificar y cuantificar el número de fuentes de agua, lo que incluye a los manantiales, en la cuenca del río Rejo, que corresponde a la región Cajamarca. Se trata de una investigación explorativa y cuantitativa que se basa en la georreferenciación espacial de las fuentes y la medición de sus caudales instantáneos. Esta información generó una línea de base de los recursos hídricos en la zona de estudio.

En el proceso de trabajo de campo llegó a inventariar 226 fuentes de agua superficiales, conformados por 181 manantiales, 25 bofedales, 10 quebradas y ríos, 10 lagunas. Se puede verificar entonces que el 80% de las fuentes contabilizadas corresponde a los manantiales, lo que indica su amplia distribución espacial.

Fuente: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7991/Alfaro%20Paisig%2c%20Roc%3ado%20del%20Pilar.pdf?sequence=15&isAllowed=y>

De La Cruz, J. (2016). *Inventario de los recursos hídricos superficiales de la subcuenca del río Huatatas*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho – Perú.

El autor de esta investigación, tiene como objetivo contabilizar el número de fuentes de agua a nivel de torrentes, riachuelos y manantiales, dentro de una subcuenca. Se

trata de una investigación cuantitativa y aplicada, que tiene como principal instrumento de investigación las fichas de observación y medición.

Utilizo programas de modelamiento geoespacial SIG y métodos estadísticos. Mediante el trabajo de campo hizo georreferenciación de puntos de fuentes de agua para obtener información lo que le permitió conocer su distribución espacial, cantidad y disponibilidad de cantidad de agua mediante una serie de aforos, y sobre esta base plantea la planificación y gestión del recurso hídrico. Adicionalmente, el autor logro identificar zonas óptimas para la práctica de siembra y cosecha de agua.

Fuente: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TESIS%20IAG74_Del.pdf

Guzmán, B. (2019). *Inventario de fuentes naturales de agua superficial de la microcuenca Pendencia, parte baja, en el ámbito de la administración local del agua Tingo María*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco, Perú.

El objetivo principal de esta investigación fue el inventariado de fuentes de agua dentro de una microcuenca, lo que incluye riachuelos, torrentes y manantiales. Es una investigación aplicada, cuantitativa y de diseño experimental. Utilizó como principal instrumento de investigación hojas de observación y medición. Su metodología se centró en la aplicación de procedimientos cartográficos y estadísticos para definir el conocimiento cuantitativo de la cantidad de recursos hídricos en el ámbito de la zona de estudio. Así mismo con el método de Otto Pfafstetter, logró realizar la delimitación de las unidades hidrográficas, luego identificó 7 puntos de monitoreo de fuentes naturales de agua superficial. El siguiente paso fue calcular la cantidad de agua en términos de caudales (m^3/s) principalmente para épocas de estiaje. Sistematizo la información recolectada en campo, en una data topológica de datos SIG a fin de optimizar el acceso a información de los recursos hídricos en la zona de estudio, el cual según el autor, es importante para la toma de decisiones y proyectar el desarrollo agrícola y urbano.

Fuente: <https://es.scribd.com/document/654324684/DINISTRACION-LOCAL-DEL-AGUA-TINGO-MA>

Cuba, J (2016). *Inventario de los recursos hídricos superficiales en la Sub Cuenca Yucaes margen derecha-Ayacucho 2016*. Universidad nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Esta investigación se centró en el estudio e inventariado de los recursos hídricos superficiales dentro de una cuenca como área de análisis. Se trata de una investigación cuantitativa, experimental y aplicada.

Su metodología se basó primero en generar información primaria mediante el trabajo de campo y después el procesamiento geoespacial y estadístico para obtener información relevante para proyectar usos agrícolas sobre nuevas tierras de cultivo. Utilizo imágenes para delimitación y trazo del itinerario de campo para toma de datos con GPS. Hizo el inventario de recursos hídricos superficiales (lagunas, manantiales, quebradas y bofedales) en una subcuenca de Ayacucho. Con esta información, el autor elaboró una base de datos cuantitativos de los recursos hídricos que permitió contar con una base de información básica geo referenciados de las diferentes fuentes de aguas. Esta investigación sirvió para hacer una propuesta para ampliar campos agrícolas en tierras erizas o semiáridas.

Fuente:

http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3179/1/TESIS%20IAG103_Cub.pdf

Quispe, E (2015). *Inventario de los recursos hídricos del centro poblado menor de Antacocha - Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica.

El estudio se desarrolló en una comunidad altoandina de Huancavelica. Es una investigación de diseño experimental, enfoque cuantitativo y de nivel aplicativo. Tuvo como objetivo evaluar la oferta y demanda de agua manantiales, torrentes y riachuelos con fines de riego para suelos disponibles. La metodología consistió en el mapeo para la identificación de las fuentes y el aforo para determinar los caudales, a la vez que realizó análisis físico-químico y bacteriológico para conocer la calidad de las aguas.

En su investigación, el autor identificó 31 fuentes de agua, de los cuales 27 son manantiales, 3 riachuelos y una laguna, ubicados entre las cotas 3,816 y 4093 m.s.n.m.

Llegó a calcular el caudal promedio de agua de los manantiales en época de estiaje en torno a 18.16 Litros/s y de buena calidad para el uso agrícola, clasificados como aguas C1-S1 y C2-S1. También llegó a estimar en 890 ha, la cantidad de suelos disponibles con aptitud agrícola

Fuente:

<https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/215/TP%20-%20UNH%20AGRON.%200092.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salazar, J (2020). *Conocimiento y compromiso de la sociedad peruana con la agricultura sustentable*. Universidad Nacional Agraria La Molina

El autor de esta investigación tuvo como objetivo principal conocer el grado de empoderamiento de los profesionales con respecto a los principios de sustentabilidad para el desarrollo de la agricultura en ese nuevo paradigma. En ese sentido se trata de una investigación no experimental, de tipo exploratoria, que tiene como principal instrumento de investigación encuestas estructuradas, vía internet. El autor llegó a encuetar a 173 profesionales de las ciencias agrarias, ambientales, biológicas, sociales, o económicas, a nivel nacional. Los principales resultados que obtuvo, fueron: el 94% empoderan la agricultura en sus tres dimensiones con una preferencia mayor por el medio ambiente. Así mismo el autor mostro tipos de agricultura como agricultura orgánica, agricultura ecológica, agricultura biodinámica y agricultura de precisión, pero el hallazgo más importante fue la necesidad de fomentar la agricultura sustentable en el Perú y certificarse. Así mismo el autor sustenta que la agricultura con este nuevo paradigma no solo implica el aprovechamiento eficiente del agua sino también del mismo suelo.

Fuente:

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4546/salazar-palacios-jorge-aurelio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Estimación de la oferta hídrica

Dimensiones e indicadores

Disponibilidad de la oferta hídrica

Para las ciencias ambientales, la oferta hídrica es la cantidad de agua disponible en un determinado espacio y tiempo para su aprovechamiento potencial. Se cuantifica en termino de caudales o volumen. El caudal es la cantidad de agua por unidad de volumen dividida por la unidad de tiempo (m^3/s). La medición de caudales implica el uso de instrumentos como el correntómetro, molinetes, flotadores y cronómetros (Figura 1).

Figura 1.

Medición de caudales en campo

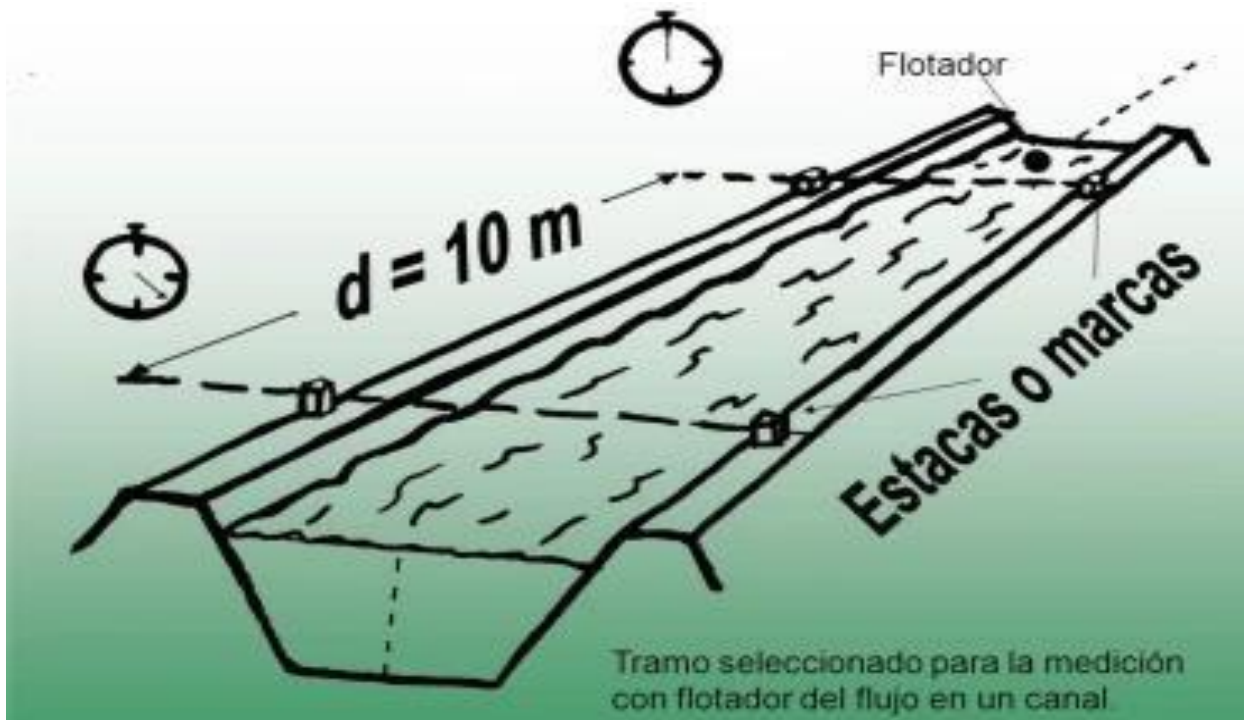


Nota: La medición de caudales consiste en determinar la cantidad de agua que fluye a través de una sección del cauce en un tiempo determinado, expresado en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o litros por segundo (L/s).

La estimación de la oferta hídrica en su forma específica tiene que ver con el cálculo de la cantidad de aguas que trasporta una corriente de agua que entra y/o sale de un sistema, mediante varios métodos tales como: El método del flotador (Figura 2), el método de Manning, el método velocidad/superficie, el método del correntómetro y el método volumétrico.

Figura 2

El método flotador (secciones transversales) para medición de caudales



Nota: El método del flotador es útil para medir el caudal en riachuelos o pequeños cursos de agua. Primero mide la velocidad del agua colocando un objeto flotante y luego calcula el área de la sección transversal del cauce.

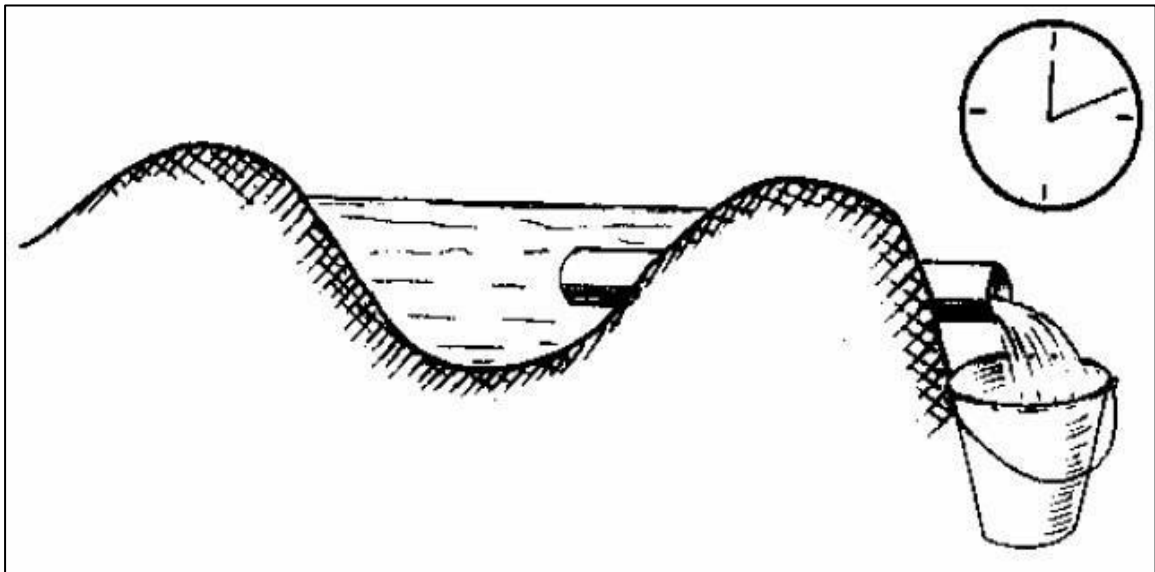
Para esta investigación, para la medición de los caudales de los manantiales, se elige el método volumétrico adecuado para la medición de caudales pequeños.

El método volumétrico

El método volumétrico, es un método para medir el caudal de pequeñas corrientes o fuentes de agua como los manantiales y arroyos (Figura 3). Se mide el tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido.

Figura 3

Método volumétrico para medición de caudales



Nota: El método volumétrico es una técnica precisa para medir el caudal en manantiales o descargas de agua con bajo caudal. Fuente: cuvadelcivil.com/2011/02/metodos-de-aforo-directo.html

El caudal con el método volumétrico se mide con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s o L/s)

V = Volumen de agua recogida (m³ o L)

t = Tiempo de llenado (s)

Así se tiene las siguientes secuencias de registros (Figura 4):

Figura 4

Modelo de registro de mediciones de caudal.

PRIMER TUBO		PRIMER TUBO: $Q = V / T$ $Q = 12 \text{ Lt} / 3.938 \text{ seg.}$ $Q = 3.047 \text{ Lt} / \text{seg.}$
	Tiempos	
	3.68	
	3.75	
	4.06	
	4.16	
	4.04	
Promedios	3.938	

SEGUNDO TUBO		SEGUNDO TUBO: $Q = V / T$ $Q = 12 \text{ Lt} / 6.066 \text{ seg.}$ $Q = 1.978 \text{ Lt} / \text{seg.}$
	Tiempos	
	6.17	
	5.69	
	5.93	
	6.16	
	6.38	
Promedios	6.066	

Nota. La imagen muestra la medición del caudal (Q).

Fuente: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100007

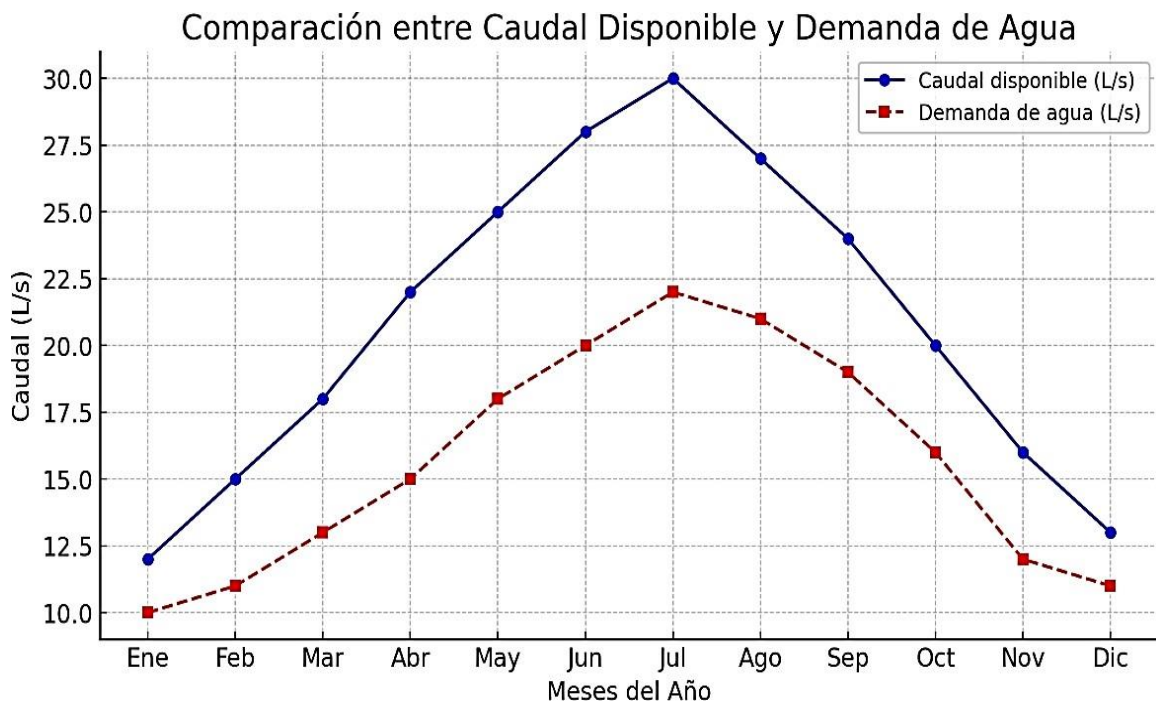
Caudal de diseño

El caudal de diseño, es un tipo de caudal máximo que se determina tomando en cuenta las dimensiones de una obra hidráulica u obra civil o el tamaño de un proyecto, además de la consideración del caudal ecológico. Para la ampliación agrícola o sustentación del parque etnobotánico, se considera el tamaño del territorio, un factor de retorno, más los caudales de infiltración, y de evapotranspiración.

Su correcta estimación es fundamental para la gestión sostenible del agua en comunidades rurales como Ihuari, asegurando disponibilidad para consumo humano, riego y conservación ambiental (Figura 5).

Figura 5

Caudal de diseño: Caudal disponible vs caudal de demanda



Nota: La gráfica compara el caudal disponible (azul) y la demanda de agua (rojo) mensualmente. El caudal supera la demanda todo el año, con un pico de 30 L/s en julio, mientras la demanda máxima es 22 L/s. Esto indica que el recurso hídrico es suficiente para cubrir las necesidades, garantizando disponibilidad, especialmente en época de mayor flujo. Fuente elaboración propia.

Variabilidad temporal de la oferta hídrica

Caudal medio mensual

Es la media aritmética de todos los caudales medios mensuales para un mes dado, en el período considerado. Presenta máximos y mínimos correspondientes. Se

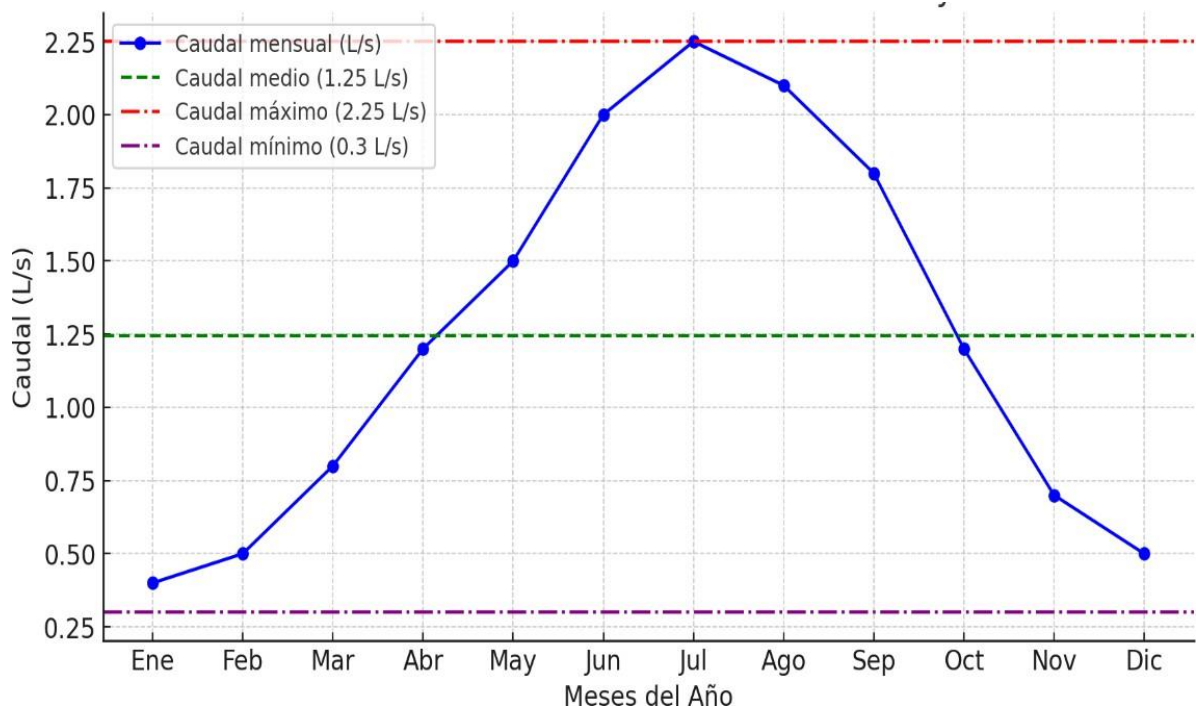
calcula hallando para cada mes la media aritmética de los caudales promedios diarios.

Caudal medio anual

Es el caudal medio durante un año que se obtiene sumando los caudales medios diarios del año y dividiendo por el número de días del año. Es la media de los caudales promedios diarios durante un año. Se determina sobre la base de los caudales medios mensuales (Figura 6)

Figura 6

Variación anual del caudal con picos máximos y mínimos



Nota: El gráfico muestra la variación anual del caudal, destacando los picos máximos y mínimos, así como el caudal medio. Esto permite evaluar la disponibilidad hídrica para la gestión sostenible del agua en la comunidad.

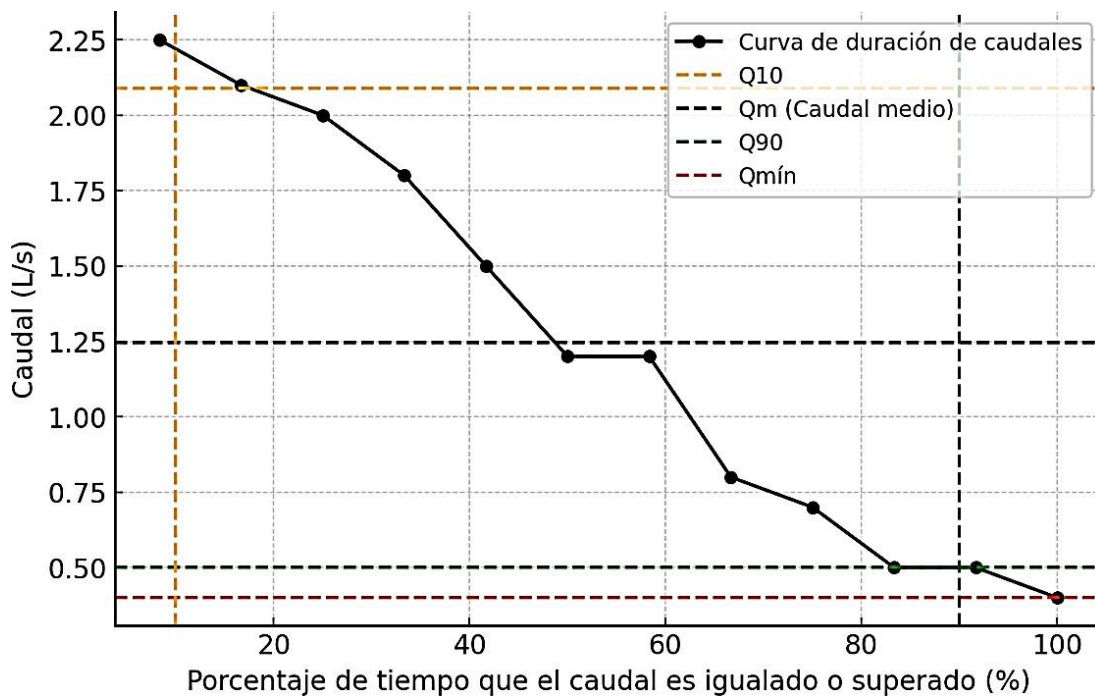
Para visualizar el comportamiento de los caudales, así como la cantidad de agua que se acumula a lo largo del año se consideró hacer las dos curvas importantes: La curva de duración de caudales y la curva masa.

Curva de duración de caudales

Las curvas de duración de caudales proveen información sobre el porcentaje del tiempo que el caudal en un cauce excede un valor específico (Figura 7)

Figura 7

Curva de duración de caudales



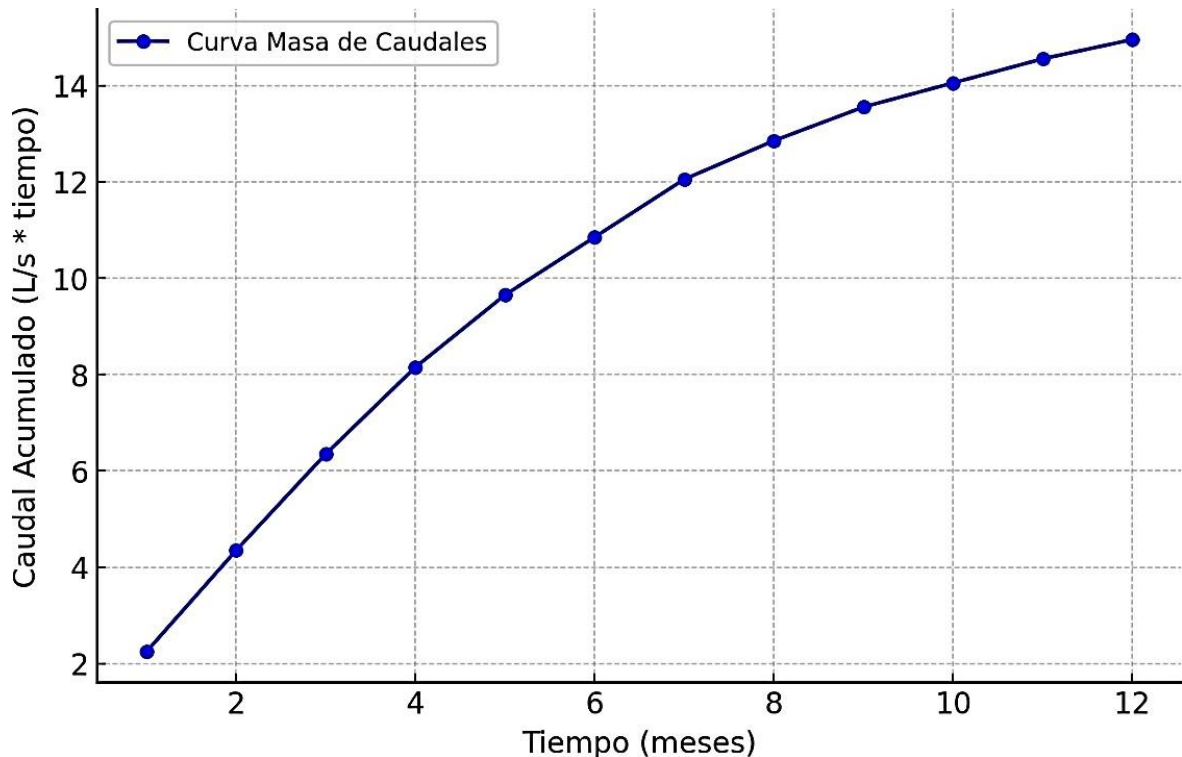
Nota: La curva de duración de caudales, muestra el porcentaje de tiempo en el que un caudal determinado es igualado o superado.

Curva masa

La curva masa o curva de masa de agua, muestra la acumulación progresiva de caudal a lo largo del tiempo, permitiendo analizar la disponibilidad y almacenamiento de agua en un período dado (Figura 8).

Figura 8

Curva masa de acumulación de caudales



Nota: La curva masa, es una curva de caudales que se relaciona con niveles o alturas de agua. Se usa en proyectos.

2.3.2. Desarrollo sostenible

La Comisión Brundtland (1987), en su informe a la Asamblea General de las Naciones Unidas, conceptualizó el desarrollo sostenible como aquel que responde a las necesidades del presente sin comprometer las oportunidades de las futuras generaciones. Se trata de un modelo de desarrollo con visión de futuro, donde la sostenibilidad es el eje para garantizar equilibrio y continuidad en el tiempo.

El desarrollo sostenible, según la Ley General del Ambiente (Ley N° 2861), es un proceso técnico-político que establece criterios e indicadores ambientales para definir el uso del territorio. Este enfoque integra la planificación económica, social y ambiental con la dimensión territorial, optimizando las intervenciones y garantizando su conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. En este contexto, el desarrollo sostenible se configura como un instrumento de gestión ambiental que integra variables ambientales, sociales y económicas en la planificación territorial. Su enfoque busca armonizar la oferta ambiental con la demanda social, promoviendo un uso ordenado y eficiente de los recursos naturales.

Además, considera la identificación y asignación de áreas con especialización y complementariedad productiva, garantizando un equilibrio entre conservación y desarrollo (Chamochumbi, 2017).

El desarrollo sostenible constituye un proceso y una política de Estado con un enfoque técnico, sociopolítico, cultural, económico y administrativo. Su carácter sistemático y racional permite orientar la planificación territorial bajo criterios técnicos y axiológicos, con el propósito de responder a las demandas socioeconómicas en función de la disponibilidad del territorio y la capacidad de sustentación ecológica (Méndez, 2016). Como herramienta técnica de planificación, el desarrollo sostenible se basa en el análisis, evaluación y formulación de soluciones a los problemas, conflictos y desequilibrios ambientales en distintas escalas temporales. Este enfoque implica comprender el territorio como un sistema complejo, definido por la interacción de sus subsistemas: físico-biótico, físico-espacial y socioeconómico, cuya dinámica influye en la gestión y aprovechamiento sostenible del entorno (Franco & Serafini, 2015).

Basándose en el Informe de la Comisión Brundtland, esta investigación incorpora el concepto de desarrollo autosustentable como un enfoque más cuantificable y predecible. El desarrollo sostenible se caracteriza por procesos con una mayor eficiencia y sinergia termodinámica, en concordancia con principios científicos universales. Asimismo, está vinculado a la capacidad inventiva del ser humano, que contribuye a optimizar la eficiencia productiva del entorno y fortalecer su resiliencia a lo largo del tiempo.

El grado de desarrollo sostenible se calculó con la siguiente ecuación ponderada multiplicativa:

$$DS = Sa_1^{w1} \times Se_2^{w2} \times Ss_2^{w3}$$

Donde:

DS: Desarrollo sostenible

I₁: Indicador 1 (Sostenibilidad ambiental, Sa)

I₂: Indicador 2 (Sostenibilidad económica, Se)

I₃: Indicador 3 (Sostenibilidad social Sa)

Con los siguientes pesos:

$$w_1 + w_2 + w_2 = 1$$

$$W1 = 0.40$$

$$W2 = 0.35$$

$$W3 = 0.25$$

Dimensiones e indicadores

Sostenibilidad ambiental

Según la UNESCO la sustentabilidad de la dimensión ambiental, tiene que ver con el uso racional de los recursos naturales, teniendo en cuenta el equilibrio de los ecosistemas y la preservación de la biodiversidad. Por eso para esta investigación se analizaron tres indicadores: Eficiencia fotosintética, calidad paisajística y equilibrio ecológico. Se determinó con la siguiente ecuación ponderada multiplicativa:

$$Sa = I_1^{w1} \times I_2^{w2} \times I_2^{w3}$$

Donde:

Se: Sostenibilidad económica:

I₁: Indicador 1 (Eficiencia fotosintética)

I₂: Indicador 2 (Calidad paisajística)

I₃: Indicador 3 (Equilibrio ecológico)

Con los siguientes pesos:

$$w_1 + w_2 + w_2 = 1$$

$$W_1 = 0.40$$

$$W_2 = 0.20$$

$$W_3 = 0.30$$

- **La calidad paisajística:** La calidad paisajística se define como una característica intrínseca del entorno, donde la percepción visual de sus elementos genera un equilibrio entre armonía estética y dinámica ambiental. Este concepto no solo implica un atractivo panorámico, sino también la interacción de factores físicos, bióticos y antrópicos que regulan la entropía del sistema.

En el contexto de esta investigación, la calidad paisajística se evaluó sobre la base de un enfoque multidimensional, basado en encuestas de validación social y técnica.

- **Eficiencia fotosintética:** La eficiencia fotosintética es la capacidad de las plantas para convertir la energía solar en biomasa, optimizando el uso de la luz, el agua y los nutrientes. Su evaluación considera factores como la radiación disponible, la cobertura vegetal y la adaptabilidad ecológica de las especies. donde se cumple:



Aquí el producto obtenido es glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y oxígeno ambiental.

En esta investigación, la eficiencia fotosintética se determinó en función a la cantidad de oxígeno producido por unidad de área agroecológica, sobre la base de un enfoque multidimensional, basado en encuestas de validación social y técnica.

- **Equilibrio ecológico:** Consiste en el estado de estabilidad dinámica en un ecosistema, donde las relaciones entre organismos y su entorno se mantienen en armonía, permitiendo su funcionamiento sostenible. Según Odum (1986), "el equilibrio ecológico implica un balance entre la entrada y salida de energía y materia, así como entre la producción y la respiración, lo que confiere resistencia y resiliencia al sistema frente a perturbaciones". Este equilibrio no es estático, sino dinámico, con ajustes constantes que aseguran la autorregulación del ecosistema. Se evaluó sobre la base de un enfoque multidimensional, basado en encuestas de validación social y técnica (Escala de Likert).

Dimensión económica

Según la UNESCO, la sustentabilidad en su dimensión económica se basa en la gestión eficiente de los recursos y en un flujo constante de inversiones públicas y privadas. En la zona de estudio, la eficiencia económica se evalúa a través de criterios de infraestructura sustentable, agricultura sustentable y turismo sustentable, considerando el caudal medio de los manantiales como un factor clave en la planificación territorial. Se determinó con la siguiente ecuación ponderada multiplicativa:

$$Se = I_1^{w1} \times I_2^{w2} \times I_2^{w3}$$

Donde:

Se: Sostenibilidad económica:

I₁: Indicador 1 (Infraestructura sostenible)

I₂: Indicador 2 (Horticultura sostenible)

I₃: Indicador 3 (Turismo sostenible)

Además:

$$w_1 + w_2 + w_2 = 1$$

$$W1 = 0.50$$

$$W2 = 0.25$$

$$W3 = 0.25$$

- **Horticultura sostenible:** Integra la productividad con la armonía ambiental, promoviendo un paisaje etnobotánico comunal que se articula estéticamente con el entorno natural. El desarrollo sostenible en torno al parque etnobotánico se sustenta en la gestión eficiente de la oferta hídrica de los manantiales, articulando productividad agroecológica y restauración del paisaje. Este enfoque no solo optimiza el uso de los recursos ambientales endémicos, sino que incorpora una perspectiva socioambiental para su gestión sostenible.

El impacto de la horticultura sostenible en el parque etnobotánico, en la zona de estudio, se evaluó sobre la base de un enfoque multidimensional, basado en encuestas de validación social y técnica (Escala de Likert).

- **Turismo sostenible:** Se define como la capacidad de una localidad para mantener una afluencia turística equilibrada, de manera que contribuya al desarrollo socioeconómico sin comprometer la integridad ambiental y cultural del territorio. Su impacto se refleja en la dinamización de la economía local, el fortalecimiento de los ingresos de la población y el

incremento del empoderamiento comunitario en la gestión y valorización de los recursos naturales y patrimoniales comunales como un parque etnobotánico.

Los niveles de impacto del turismo sostenible, se evaluó sobre la base de un enfoque multidimensional, basado en encuestas de validación social y técnica (Escala de Likert).

- **Infraestructuras sostenibles:** constituyen sistemas constructivos que integran los principios de la ingeniería civil y ambiental para optimizar el uso eficiente de los recursos naturales, garantizando su sostenibilidad en el tiempo (Pinedo, 2019). Estas infraestructuras no solo favorecen la armonización del entorno construido con el paisaje, sino que también regulan la eficiencia bioclimática y los flujos termodinámicos, contribuyendo a la resiliencia ambiental y al confort térmico en los espacios intervenidos.

Los niveles de impacto del turismo sostenible, se evaluó sobre la base de un enfoque multidimensional, basado en encuestas de validación social y técnica (Escala de Likert).

Sostenibilidad social

Según la UNESCO (2010), la sostenibilidad social se fundamenta en la equidad en la distribución de recursos y oportunidades, con el objetivo de reducir las brechas socioeconómicas y garantizar condiciones de desarrollo equitativas para toda la población. En este contexto, la sostenibilidad social no solo implica la mejora de las condiciones materiales de vida, sino también la consolidación de estructuras participativas y de cohesión social, que permitan a las comunidades involucrarse activamente en la toma de decisiones y en la construcción de territorios más justos e inclusivos (UNESCO, 2016; Sachs, 2015).

Para la presente investigación, la sostenibilidad social se evaluó en función a dos indicadores: Participación comunitaria y satisfacción comunitaria, utilizando la siguiente ecuación ponderada multiplicativa:

$$Ss = I_1^{w1} \times I_2^{w2}$$

Donde:

Ss: Sostenibilidad social:

I₁: Indicador 1 (Participación comunitaria)

I₂: Indicador 2 (Satisfacción comunitaria)

Además:

$$w_1 + w_2 = 1$$

$$W_1 = 0.60$$

$$W_2 = 0.40$$

- **Participación comunitaria:** La participación comunitaria, según el Banco Mundial, es un proceso mediante el cual los individuos y colectivos fortalecen su capacidad de acción y toma de decisiones, orientando la transformación social en función de sus propios intereses y necesidades. Su objetivo fundamental es la consolidación de comunidades autónomas y resilientes, capaces de organizarse y gestionar de manera sostenible la mejora de sus condiciones de vida (Larrea, 2005).

El nivel de participación comunitaria, se evaluó sobre la base de un enfoque multidimensional, basado en encuestas de validación social y técnica (Escala de Likert).

- **Satisfacción comunitaria:** La satisfacción comunitaria es el bienestar que una comunidad siente respecto a su calidad de vida y el manejo de los recursos naturales. Según Oviedo et al. (2005), depende de la equidad en el acceso, la participación en las decisiones y el reconocimiento de los saberes locales. Es un indicador clave de la aceptación social de proyectos ambientales, especialmente en contextos rurales andinos donde la gobernanza local es fundamental para la sostenibilidad.

El nivel de satisfacción comunitaria se evaluó mediante un enfoque multidimensional, utilizando encuestas validadas social y técnicamente con una escala de Likert.

Parque etnobotánico

El parque etnobotánico es una unidad territorial multifuncional orientada a la conservación in situ de especies vegetales de valor cultural, medicinal, alimentario y simbólico, cuya gestión está vinculada al conocimiento ancestral y al uso sostenible de los recursos naturales por parte de comunidades locales (Toledo, 2005; Mendoza, Yáñez & Sayago, 2014). Desde una perspectiva ambiental, estos espacios representan infraestructuras ecológicas estratégicas que permiten mantener la diversidad florística y los servicios ecosistémicos asociados, como la regulación hídrica, la captura de carbono y la conectividad paisajística (FAO, 2011).

En su dimensión económica, el parque etnobotánico actúa como plataforma para el desarrollo de circuitos agroecológicos, turismo vivencial y revalorización de productos locales, promoviendo la diversificación productiva y el uso eficiente del territorio comunal. A nivel social, su valor reside en la revitalización de saberes tradicionales, la afirmación de la identidad cultural y la cohesión comunitaria, al funcionar como espacio colectivo para la educación ambiental, la transmisión intergeneracional del conocimiento y la gestión participativa del paisaje. Así, el parque etnobotánico se configura como una infraestructura socioproductiva integrada, donde confluyen conservación, productividad y sostenibilidad comunal en territorios rurales de montaña.

Parámetros fundamentales

Desde una perspectiva técnico-territorial, el parque etnobotánico debe estructurarse sobre la base de parámetros fundamentales que garanticen su funcionalidad ambiental, su viabilidad económica y su apropiación social. Estos parámetros incluyen:

- Diversidad florística funcional: Inventario y clasificación de especies nativas con valor medicinal, alimenticio, ceremonial o artesanal, priorizando su conservación in situ y su recuperación etnoecológica.
- Oferta hídrica permanente: Disponibilidad de agua natural, preferentemente proveniente de manantiales o acuíferos locales, que asegure el riego estacional de parcelas y la sostenibilidad ecológica del sistema vegetal.
- Zonificación interna: Delimitación de áreas de uso múltiple (conservación, demostración, producción, investigación y educación), articuladas mediante senderos ecológicos y micro infraestructura sostenible.
- Accesibilidad y conectividad territorial: Proximidad a centros poblados, caminos comunales y redes de infraestructura básica que favorezcan el acceso regulado y el intercambio con actores externos.
- Gestión comunal participativa: Conformación de comités de manejo local, con participación intergeneracional, enfoque intercultural y articulación institucional.
- Funcionalidad educativa y cultural: Espacios destinados a la enseñanza, interpretación ambiental, transmisión de saberes tradicionales y fortalecimiento de la identidad territorial.
- Sostenibilidad económica: Inclusión de actividades compatibles como la horticultura sostenible, turismo vivencial, producción de bioinsumos y comercialización responsable de productos derivados.
- Integración paisajística: Diseño que respete las unidades geomorfológicas del territorio, promueva la restauración ecológica y refuerce el valor estético del paisaje agrario local.

El parque etnobotánico comunal constituye una infraestructura territorial estratégica para el desarrollo sostenible de la Comunidad Campesina de Ihuari, al articular funciones de conservación ecológica, producción agroecológica, educación ambiental y revalorización cultural. Su implementación permite aprovechar de forma eficiente la oferta hídrica de los manantiales, promover la diversificación económica local y fortalecer la cohesión social mediante la participación comunal. Además, genera servicios ecosistémicos, revitaliza saberes ancestrales y consolida la identidad territorial. Como espacio multifuncional, el parque integra dimensiones ambientales, sociales y económicas, constituyéndose en un modelo replicable de gestión comunal del agua y del paisaje (Figura 9).

Figura 9

Parque etnobotánico: Herrenhäuser Gärten, Hannover, Alemania



Nota: El Herrenhäuser Gärten de Hannover, Alemania, es un jardín histórico que integra botánica, paisaje y ciencia. Su Berggarten alberga plantas medicinales y exóticas, y es referente europeo en conservación vegetal y educación etnobotánica, demostrando el valor de estos espacios en la sostenibilidad ambiental, cultural y educativa. Fuente: Landeshauptstadt Hannover (s/f). Herrenhäuser Gärten. Sitio oficial.

2.4. Marcos conceptuales

Caudal instantáneo: Cantidad de agua que discurre por un punto de la instalación o canal medida por unidad de tiempo: litros por minuto o metros cúbicos por segundo.

Afluencia turística: es el número de turistas de que se desplazan por algún motivo de su lugar de origen hacia alguno de los destinos turísticos.

Infraestructura sustentable: son construcciones que combinan la eficiencia termodinámica antrópica con la eficiencia ambiental.

Caudal de diseño: Caudal estimado para dimensionar estructuras hidráulicas (ej. conducciones, bombas), garantizando funcionalidad y seguridad. Se basa en criterios hidrológicos y estadísticos, considerando

condiciones extremas y datos históricos. Fundamental en ingeniería para evitar subdimensionamiento o costos excesivos. Su cálculo emplea series temporales, modelos lluvia-caudal o métodos probabilísticos, según disponibilidad de datos y contexto del proyecto.

Caudal ecológico: Volumen de agua mínimo para mantener ecosistemas acuáticos, preservando biodiversidad, calidad del agua y conectividad fluvial. Autores como Tharme (2003) y Arthington destacan su papel en equilibrar uso humano y conservación. Métodos de determinación incluyen criterios hidrológicos, biológicos y sociales, variando desde porcentajes del caudal medio (ej. 10-30%) hasta modelos complejos de hábitat físico.

Curva masa: Diagrama de volúmenes acumulados en proyectos de movimiento de tierras (ej. carreteras). Representa la suma algebraica de cortes y rellenos, optimizando compensación de materiales para reducir costos de acarreo. Autores indios como S. Chandra (Engineering Construction) aplican este concepto en infraestructuras, identificando puntos de compensación y direcciones de transporte.

Curva de duración de caudales: Gráfico que muestra la probabilidad de que un caudal sea igualado o excedido en un punto de una corriente. Elaborada a partir de series históricas (diarias, mensuales), es crucial para predecir disponibilidad hídrica y diseñar proyectos de suministro.

Participación comunitaria: Proceso social donde grupos identifican necesidades, toman decisiones y abordan problemas colectivos. Incluye integración, participación y apoyo de sistemas formales. Gracia & Herrero (2002) enfatizan su rol en bienestar y cohesión social, especialmente en contextos rurales. Estudios en Ecuador y Chile muestran su impacto en desarrollo sostenible y gobernanza local.

Equilibrio ecológico: Estado de estabilidad dinámica en ecosistemas donde las interacciones entre especies y su medio mantienen biodiversidad y procesos naturales. Enfoques modernos (ej. teoría del caos) destacan su carácter no lineal y susceptible a perturbaciones humanas (deforestación, contaminación). Autores como Holling (Ecological Monographs) subrayan la gestión basada en resiliencia más que en equilibrio estático.

Horticultura sostenible: es el manejo hortícola que mejora la calidad paisajística del entorno y optimiza la eficiencia productiva de los sistemas

ecológicos, integrando criterios de conservación ambiental, uso racional del agua y diversificación económica en el ámbito rural.

Resiliencia: es la capacidad para adaptarse a las situaciones adversas con resultados positivos. es inherente a los seres vivos.

Sinergia: hace referencia a un fenómeno por el cual actúan en conjunto varios factores, o varias influencias, observándose así un efecto conjunto adicional del que hubiera podido esperarse operando independientemente.

Eficiencia ecosistémica: Es fundamentalmente la capacidad fotosintética de los ecosistemas que se manifiesta en el aumento de la biomasa y la biodiversidad. Ecuación Ponderada Multiplicativa

Ecuación ponderada multiplicativa: Es un modelo matemático que calcula un valor integrado mediante el producto de factores elevados a sus pesos respectivos los pesos normalizados.

Parque etnobotánico: Un parque etnobotánico es un espacio dedicado a conservar plantas con relevancia cultural y divulgar saberes tradicionales asociados a su uso. Combina biodiversidad con patrimonio inmaterial, exhibiendo especies nativas empleadas en medicina, alimentación o rituales por comunidades indígenas.

Calidad paisajística: es “el grado de excelencia que tiene un paisaje o su mérito para no ser alterado o destruido.

Sustentabilidad: es una condición de producción infinita de los ecosistemas, así como su capacidad de retroalimentación continua, siguiendo una tendencia anti entrópica.

Termodinámica: Es el funcionamiento mecánico y físico de un sistema combinando procesos, recursos y energía.

Retroalimentación: es la renovación continua de la eficiencia productiva de un ecosistema.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada ya que busca generar conocimiento técnico específico sobre la oferta hídrica de los manantiales de la Comunidad Campesina de Ihuari, con el propósito de proyectar su aprovechamiento sostenible en el diseño y funcionamiento de un parque etnobotánico comunal, considerado como infraestructura estratégica para el desarrollo ambiental, económico y social del territorio.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio corresponde a un diseño no experimental, transversal y correlacional. Es no experimental porque no se manipulan las variables, sino que se observan y analizan tal como se presentan en su contexto natural; es transversal porque la información se recoge en un periodo determinado (año 2023 - 2024), y es correlacional porque busca establecer la relación entre la estimación técnica de la oferta hídrica (variable independiente) y el desarrollo sostenible en torno al parque etnobotánico (variable dependiente), analizando sus vínculos en términos ambientales, económicos y sociales.

3.2. Variables de investigación

La presente investigación, titulada “Estimación de la oferta hídrica de los manantiales de la comunidad campesina de Ihuari, como contribución al desarrollo sostenible, en torno al parque etnobotánico comunal, en Huaral- Lima 2025”, se estructura metodológicamente en función de dos variables principales: la variable 1 y la variable 2, cuya relación permite analizar el impacto funcional de la gestión del recurso hídrico en el desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari.

3.2.1. Variable independiente

Variable 1: Estimación de oferta hídrica de los manantiales.

3.2.2. Variable independiente

Variable 2: Desarrollo sostenible en torno al parque etnobotánico.

3.2.3. Matriz de operacionalización de variables

En las siguientes tablas se muestran la matriz de operacionalización de variables (Cuadro 2)

Cuadro 2 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de medida	Metodología
Oferta hídrica de los manantiales	La oferta hídrica es el volumen de agua disponible en una fuente natural o artificial, medido en un periodo específico. (Sánchez, 2010)	La oferta hídrica de los manantiales se midió mediante el método volumétrico para determinar la disponibilidad hídrica y la variabilidad temporal	Disponibilidad hídrica	Volumen de caudal	Litros por segundo (l/s)	Medición directa (Método volumétrico) en condiciones controladas.
			Variabilidad temporal	Variación de caudal	Diferencia porcentual (%)	Análisis estadístico de series de caudales
Desarrollo sostenible	El desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones. (WCED, 1987)	Esta variable, operacionalmente, se compone de tres dimensiones, seis indicadores y métodos de estimación proyectiva basados en escenarios futuros.	Sostenibilidad ambiental	Eficiencia fotosintética	Índice adimensional (0-1)	Cálculos comparativos de estudios previos y Encuestas social y especializada.
				Calidad del paisaje	Índice adimensional (0-1)	
				Equilibrio ecológico	Índice adimensional (0-1)	
			Sostenibilidad económica	Infraestructura sostenible	Escala de valoración (0 a 1)	Encuestas social y especializada.
				Horticultura sostenible	Escala de valoración (0 a 1)	Encuestas social y especializada
				Turismo sostenible	Escala de valoración (0 a 1)	Encuestas social y especializada
			Sostenibilidad social	Participación comunitaria	Escala de valoración (0 a 1)	Encuestas social y especializada
				Satisfacción comunitaria	Escala de valoración (0 a 1)	

3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis de esta investigación está constituida por los manantiales de la Comunidad Campesina de Ihuari, ubicados en la zona altoandina del distrito de Ihuari, provincia de Huaral. Estos cuerpos de agua representan la base natural del estudio por su relevancia como fuente de oferta hídrica de régimen permanente, clave para el sostenimiento de actividades agroecológicas y ecológicas comunales. Asimismo, se considera como unidad de análisis complementaria el parque etnobotánico comunal, en tanto infraestructura territorial de uso múltiple, donde se articula la gestión del recurso hídrico con la conservación vegetal, la educación ambiental y el desarrollo económico local. La investigación analiza cómo la estimación del caudal de los manantiales incide en la planificación funcional del parque, abordando dimensiones ambientales, económicas y sociales, enmarcadas en un enfoque de desarrollo sostenible con participación comunitaria y enfoque territorial.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio está compuesta por los manantiales naturales ubicados en la Comunidad Campesina de Ihuari, que constituyen la fuente principal en la estimación de la oferta hídrica local. Estos manantiales fueron analizados en cuanto a su caudal, localización y comportamiento estacional.

De manera complementaria, también se consideró como población referencial a los comuneros organizados de Ihuari, especialmente aquellos vinculados al uso del agua y al diseño del parque etnobotánico comunal, quienes aportaron información clave sobre el impacto social, económico y ambiental del recurso hídrico en el territorio.

3.4.2. Muestra

El tamaño de la población en esta investigación se define en dos niveles:

- Población física-hidrológica: Está conformada por 9 manantiales identificados dentro del ámbito territorial más próximo a la Comunidad Campesina de Ihuari,

los cuales han sido georreferenciados y verificados en campo. Este número representa las fuentes hídricas naturales más importantes que fueron evaluadas para la estimación de la oferta hídrica disponible para sustentar el parque etnobotánico.

- Población comunal referencial: Está compuesta por aproximadamente 433 personas, de los cuales 120 son comuneros organizados y registrados, los mismos que fueron encuestados mediante muestreo dirigido, con criterios de participación activa en actividades agrícolas, gestión hídrica y planificación comunal.

3.4.3. Selección de la muestra / Muestreo

- En relación a la población físico-hidrológica (manantiales), se tiene lo siguiente:
Tamaño de población: 9 manantiales
Muestra: 9 manantiales
Por lo tanto, el tipo de muestreo es: Muestreo censal (o censo total), ya que se trabajó con la totalidad de unidades de análisis, debido a que el número de manantiales es reducido y manejable, lo que permite una evaluación completa de la oferta hídrica sin necesidad de selección probabilística.
- En relación a la población comunal referencial (personas), se tiene
Población total: 433 personas
Subgrupo relevante: 120 comuneros organizados
Muestra: 120 comuneros
Por lo tanto, el tipo de muestreo es: Muestreo no probabilístico intencional (o dirigido)
La selección se realizó bajo criterios específicos, tales como: Participación activa en actividades agrícolas, vinculación con la gestión hídrica e intervención en procesos de planificación comunal

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de investigación

Para el desarrollo de la presente investigación, se emplearon técnicas de recolección de datos de enfoque cuantitativo y cualitativo, orientadas a estimar la oferta hídrica de los manantiales y analizar su relación con el desarrollo sostenible en el contexto del parque etnobotánico comunal.

Las técnicas aplicadas fueron las siguientes:

Observación directa estructurada

Se utilizó para identificar y registrar las características físicas, hidrológicas y antrópicas de los manantiales. Esta técnica permitió reconocer las condiciones del entorno, seleccionar los métodos de aforo más adecuados y comprender la dinámica espacial del recurso hídrico en campo.

Medición de caudales (aforo)

Se aplicó como técnica cuantitativa para determinar el caudal de los manantiales mediante evaluaciones en diferentes periodos hidrológicos (época seca y húmeda), permitiendo estimar la disponibilidad hídrica.

Georreferenciación

Se empleó para ubicar espacialmente los manantiales dentro del ámbito de estudio, facilitando su integración en el análisis territorial mediante herramientas geoespaciales.

Encuesta:

Se aplicó a comuneros con la finalidad de recoger información sobre el uso del recurso hídrico, percepciones locales y expectativas respecto al parque etnobotánico.

Entrevista semiestructurada

Se utilizó para obtener información especializada de expertos en hidrología, desarrollo rural, agroecología y turismo sostenible, contribuyendo a la validación técnica del estudio.

3.5.2. Instrumentos de investigación

Los instrumentos utilizados fueron diseñados en correspondencia con cada técnica aplicada, garantizando la sistematicidad y confiabilidad en la obtención de la información.

Ficha de observación estructurada

Permitió registrar de manera sistemática las características físicas, hidrológicas y antrópicas de los manantiales, incluyendo aspectos como tipo de surgencia, cobertura vegetal, estado de conservación y uso del entorno.

Instrumentos de aforo

Se emplearon recipientes volumétricos, cronómetros, cintas métricas y flotadores, según el método aplicado (volumétrico o velocidad–área), para medir el caudal de los manantiales en condiciones de campo.

Dispositivos de georreferenciación

Se utilizó un GPS de mano para el registro de coordenadas geográficas, complementado con cámaras fotográficas para el levantamiento visual de evidencias en campo.

Cuestionario estructurado

Instrumento aplicado a 120 comuneros, conformado por preguntas cerradas y de opción múltiple, orientadas a recoger información sobre uso del agua, percepción ambiental y participación comunal.

Guía de entrevista semiestructurada

Instrumento dirigido a 10 expertos, compuesto por preguntas abiertas que permitieron profundizar en aspectos técnicos, territoriales y de sostenibilidad relacionados con el parque etnobotánico.

3.6. Análisis e interpretación de la información

El análisis de la información se estructuró en dos niveles complementarios: hidrológico–espacial y socio–comunal, con el objetivo de vincular la oferta hídrica estimada con el desarrollo sostenible en torno al parque etnobotánico comunal.

- **Análisis hidrológico y geoespacial:** Los datos obtenidos de los aforos directos fueron procesados para estimar el caudal medio mensual y anual de

cada manantial. Se utilizaron hojas de cálculo en Excel y el software QGIS para integrar los datos en mapas temáticos de localización, caudal, accesibilidad y cobertura territorial, permitiendo visualizar el potencial hídrico del sistema comunal.

- **Análisis estadístico descriptivo e inferencial:** La información recolectada mediante encuestas fue procesada en SPSS e IA (Qwen, Chatgpt, Deepseep) para obtener frecuencias, porcentajes, promedios y medidas de tendencia, así como los cálculos paramétricos. Se aplicaron cruces de variables para identificar la relación entre oferta hídrica y percepción comunal del desarrollo sostenible.
- **Análisis cualitativo interpretativo:** Los resultados de las entrevistas a expertos se sistematizaron mediante categorías temáticas, identificando patrones de viabilidad técnica, sostenibilidad social y funcionalidad territorial del parque etnobotánico, con base en criterios técnicos y percepciones especializadas.

La triangulación de estos tres niveles permitió generar una interpretación integral, validando la hipótesis general y proyectando lineamientos técnicos para la gestión hídrica comunal articulada al desarrollo sostenible del territorio.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se sistematizan los resultados derivados del proceso de evaluación integral de la oferta hídrica proveniente de los manantiales ubicados en la Comunidad Campesina de Ihuari. La exposición de los hallazgos se organiza en función de los objetivos definidos en la investigación, iniciando con la georreferenciación espacial de los manantiales y su comportamiento hidrológico, seguida de la medición puntual de caudales mediante métodos directos y el cálculo del volumen hídrico disponible durante el ciclo de estiaje. A partir de esta estimación, se analizan los impactos multiescalares —ambientales, económicos y sociales— que la disponibilidad de agua genera en el territorio comunal, entorno al parque etnobotánico como infraestructura de desarrollo territorial y ambiental de la comunidad.

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Resultados descriptivos

Estimación de la oferta hídrica de los manantiales

Número de manantiales

La escasa presencia de manantiales en el ámbito territorial de la Comunidad Campesina de Ihuari obedece a una combinación de factores geoclimáticos y morfoestructurales propios de ecosistemas altoandinos semiáridos. En primer lugar, el bajo régimen de precipitaciones pluviales —inferior al umbral de recarga efectiva anual— limita significativamente el volumen de agua infiltrada hacia los estratos freáticos. A ello se suma una morfología abrupta y fuertemente disectada, que induce una alta tasa de escorrentía superficial y reduce el tiempo de retención hídrica en el suelo. Por otra parte, la escasa cobertura vegetal disminuye la capacidad de infiltración y evapotranspiración regulada, afectando negativamente la recarga subterránea. Finalmente, la altitud media de las formaciones montañosas no alcanza los umbrales glaciogénicos, lo cual impide la formación de reservorios naturales de

agua en forma de hielo o nieve. Estos factores explican la baja densidad hidrogeológica de surgencias permanentes en la zona (Cuadro 3), configurando un escenario de alta vulnerabilidad hídrica estructural.

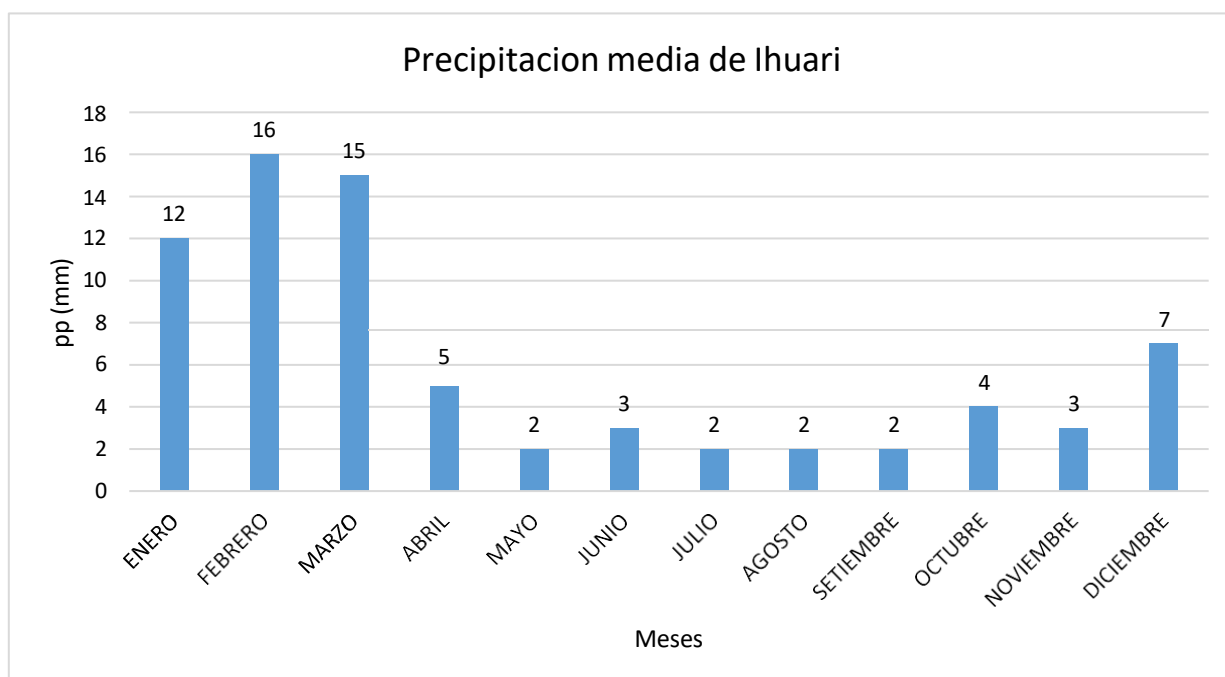
Cuadro 3
Factores que condicionan el régimen hidrológico de los manantiales

Factor	Influencia hidrogeológica
Clima semiárido	Altura de la precipitación anual de apenas 73 mm, con un periodo seco extendido de aproximadamente 270 días al año, lo que limita significativamente la recarga hídrica.
Morfología accidentada	Predominio de pendientes pronunciadas entre 83 % y 100 %, lo que favorece una escorrentía superficial acelerada y reduce el tiempo de infiltración efectiva.
Elevación topográfica	La altitud media de la comunidad es de 2828 msnm, sin presencia de cumbres superiores a 5000 msnm, lo que impide la formación de nieves perpetuas o glaciares de almacenamiento.
Cobertura vegetal	Vegetación rala y discontinua compuesta por matorrales espinosos y pajonales de estepa altoandina, lo cual limita la capacidad de retención hídrica y la infiltración al subsuelo.

Nota: Elaboración propia con base en observaciones de campo (2024), datos del SENAMHI y cartografía del MINAM.

El histograma de precipitación mensual muestra un patrón climático claramente estacional, característico de ecosistemas altoandinos semiáridos. Los valores máximos se registran en febrero (16 mm) y marzo (15 mm), mientras que el periodo comprendido entre junio y setiembre evidencia una marcada aridez, con precipitaciones casi nulas. Esta distribución pluviométrica configura una oferta hídrica concentrada en cortos periodos y una extensa fase de déficit, lo que limita la recarga freática y condiciona el funcionamiento de los manantiales (Figura 10)

Figura 10

Distribución mensual de la precipitación pluvial en Ihuari

Nota: La figura muestra un régimen pluviométrico altamente estacional, con máximos concentrados en los meses de febrero y marzo, y una fase de aridez pronunciada entre junio y setiembre. Fuente: Elaboración propia con base en registros pluviométricos del SENAMHI (periodo 2000–2020).

La precipitación en Ihuari no presenta una tendencia lineal en el periodo analizado, sino un comportamiento cíclico estacional, caracterizado por una concentración de lluvias en el primer trimestre del año y un prolongado periodo de estiaje. Esta dinámica condiciona la disponibilidad hídrica y refuerza la importancia de los manantiales como fuentes reguladoras para el diseño del parque etnobotánico.

La escasa precipitación limita la recarga de acuíferos y reduce el caudal base de los manantiales, afectando la disponibilidad de agua para ecosistemas y cultivos. Además, incrementa el riesgo de erosión hídrica, desertificación progresiva y pérdida de cobertura vegetal, lo que deteriora los ciclos biogeoquímicos y debilita la resiliencia ecológica del paisaje altoandino de la C.C de Ihuari (Figura 11).

Figura 11

Paisaje semiárido de la c.c. Ihuari



Nota. En la foto se observa un paisaje árido en una zona montañosa, con escasa vegetación y suelos secos. Las laderas desnudas reflejan una baja precipitación (máximo 16 mm anuales).

La imagen muestra un paisaje semiárido y montañoso, donde la escasez de vegetación destaca por la aridez extrema. Las laderas desnudas, de tonos ocres y marrones, revelan suelos secos y erosionados, con apenas algunas matas dispersas. Pequeñas construcciones rurales y terrazas agrícolas incrustadas en las colinas evidencian una vida adaptada a estas duras condiciones.

Identificación y georreferenciación de los manantiales

Se ha contabilizado directamente 9 manantiales los mismos que se encuentran distribuidos entre las cotas 2978 y 3014 msnm, dentro de los linderos de la Comunidad Campesina de Ihuari. Las 9 fuentes de agua han sido georreferenciadas utilizando el Navegador GPS y glonass Garmin Etrex 32 (con un error mínimo de ± 3 m), plataforma Google Earth y el aplicativos como QField y GPS UTM, además de programas de modelamiento como el ArcGIS 10.8, para rectificar y ajustar las

coordenadas. Así mismo cada fuente manantial fue codificada con el siguiente alfanumérico “M00” tal como se indica en la siguiente tabla (Cuadro 4).

Cuadro 4 Coordenadas y cotas altimétricas de manantiales de Ihuari

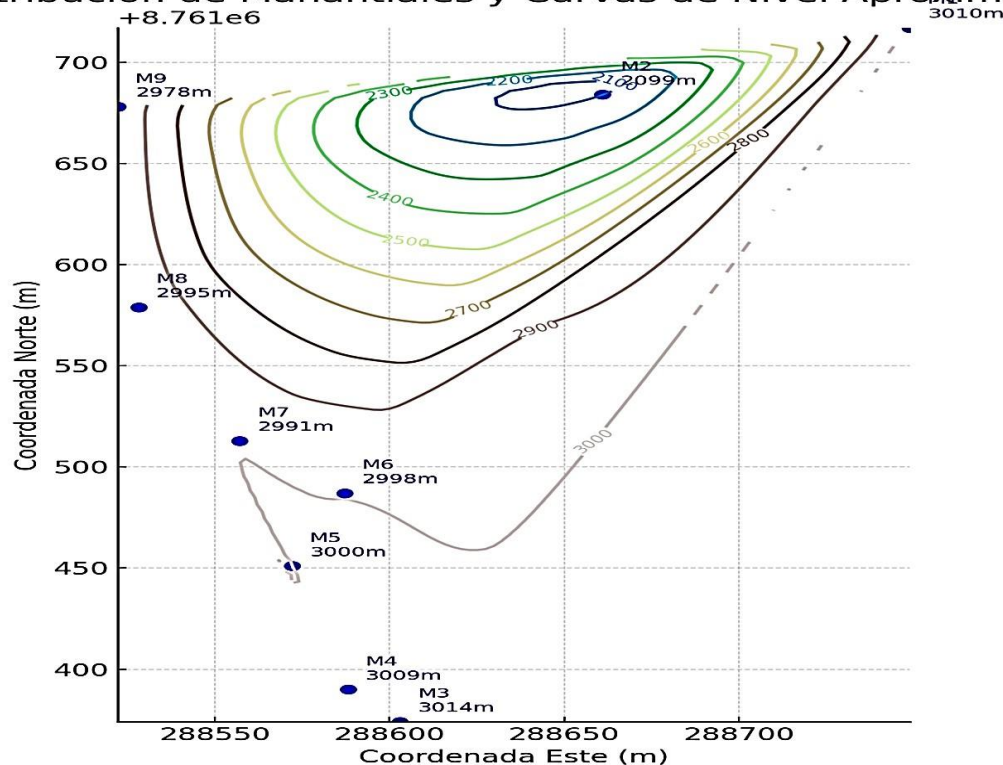
Manantial	Toponimia	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Cota altimétrica (msnm)
M001	—	288749	8761717	3010
M002	—	288661	8761684	2099
M003	—	288603	8761374	3014
M004	—	288588	8761390	3009
M005	—	288572	8761451	3000
M006	—	288587	8761487	2998
M007	—	288557	8761513	2991
M008	—	288528	8761579	2995
M009	—	288522	8761678	2978

Nota: La tabla muestra la ubicación espacial (coordenadas UTM, zona 18S) y la altitud de los nueve manantiales naturales identificados en la zona altoandina de la C.C. de Ihuari, provincia de Huaral, Lima. Las coordenadas fueron obtenidas mediante GPS de alta precisión durante el trabajo de campo realizado en los años 2023 y 2024.

Distribución espacial de los manantiales

Los nueve manantiales identificados se localizan dentro de un corredor altitudinal relativamente compacto, con cotas que oscilan entre los 2099 msnm y 3014 msnm, lo que configura un gradiente hidroaltimétrico funcional. Ocho de ellos se ubican por encima de los 2975 msnm, describiendo un patrón topográfico asociado a zonas de contacto litoestructural y drenaje subsuperficial. Esta distribución en el relieve altoandino favorece el aprovechamiento de pendientes suaves para la captación gravitacional del agua, lo cual permite su conducción sin bombeo, optimizando así la eficiencia hidráulica del sistema comunal. La ubicación estratégica en cotas superiores garantiza además una presión hidrostática mínima para sistemas de riego por gravedad (Figura 12).

Figura 12

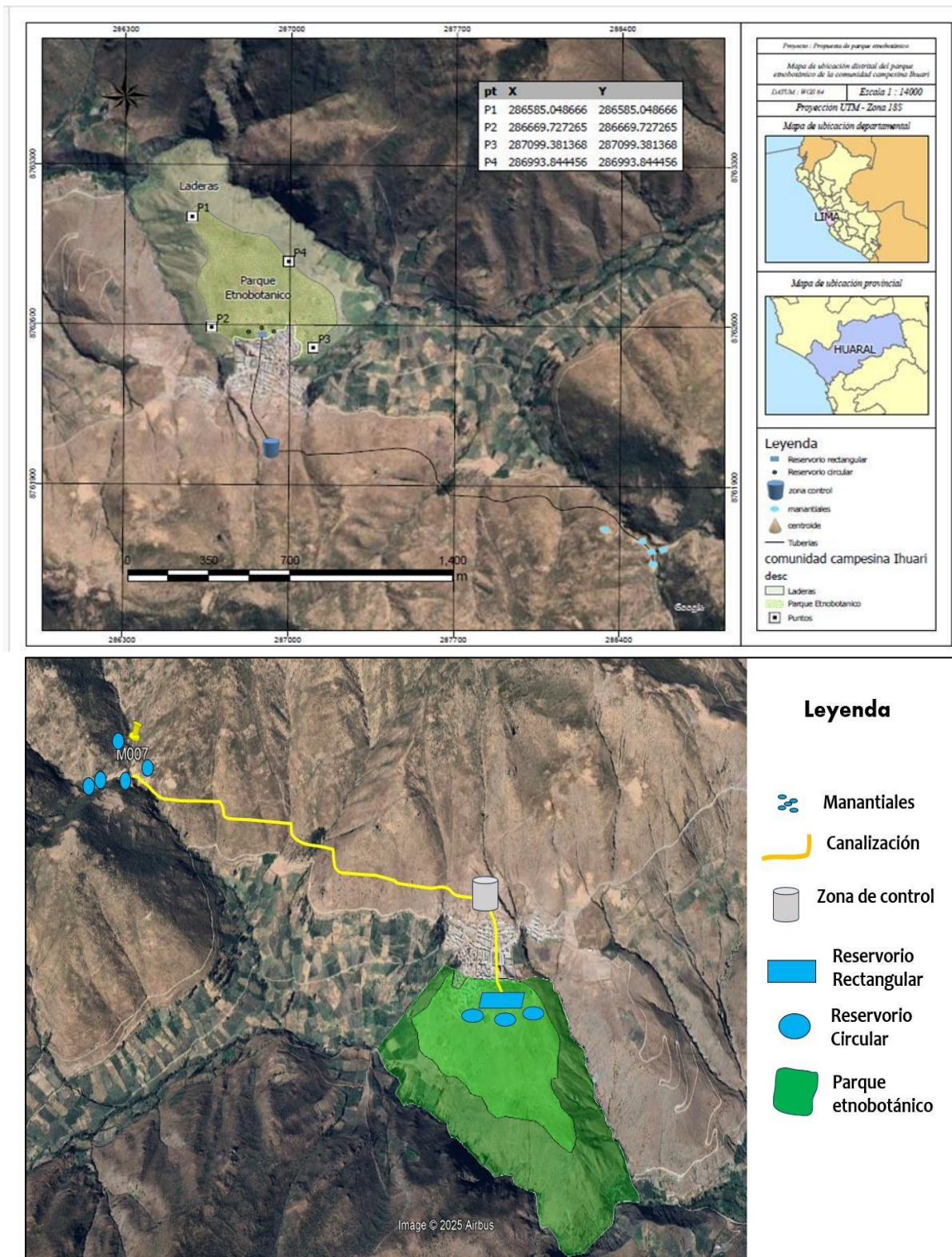
Cota altimétrica de los manantiales**Distribución de Manantiales y Curvas de Nivel Aproximadas**

Nota: La figura muestra la ubicación de los nueve manantiales identificados mediante coordenadas UTM (Zona 18S) y sus cotas altimétricas. Las curvas de nivel fueron generadas por interpolación cúbica a partir de las altitudes medidas en campo, proporcionando una representación aproximada del relieve en el área de estudio. Fuente. Elaboración propia mediante IA.

La distribución espacial de los manantiales en la Comunidad Campesina de Ihuari evidencia una configuración compacta y funcional, con distancias máximas de apenas 345 metros lineales entre el manantial M009 y M003, y 245 metros entre M009 y M001, lo cual permite un trazado eficiente de canales de conducción en cortas extensiones, reduciendo pérdidas por evaporación o infiltración (Figura 13).

Figura 13

Ubicación de manantiales y el parque etnobotánico



Nota. En la figura integrada se muestra la ubicación de los manantiales en relación al parque etnobotánico (color verde) y la distancia que los separan (línea amarilla). Elaboración propia. Fuente. Google Earth.

Los nueve manantiales evaluados se localizan en la zona de influencia inmediata del núcleo urbano de Ihuari, a una distancia media de 3 km del futuro parque etnobotánico comunal de 59 hectáreas. Su ubicación estratégica permite la integración de caudales, asegurando un suministro hídrico continuo y confiable para el riego, incluso durante la época de estiaje. Al constituir las únicas fuentes permanentes cercanas, su selección fue fundamental para el diseño del sistema de captación, conducción y almacenamiento. La medición realizada sobre cada manantial permitió evaluar su aporte individual y conjunto, optimizando así la gestión del recurso hídrico en un entorno árido con escasa precipitación.

Asimismo, la diferencia altimétrica máxima registrada entre el manantial más bajo (M009: 2099 msnm) y el más alto (M003: 3014 msnm) asciende a 911 metros, configurando un gradiente hidrogravitacional óptimo para sistemas de conducción por pendiente natural. Esta topografía favorece la captación y distribución del recurso hídrico mediante canales superficiales o tuberías a presión por gravedad, sin necesidad de bombeo, lo que refuerza la viabilidad técnica del aprovechamiento hídrico comunitario.

Medición de caudales instantáneos

Para la estimación del caudal instantáneo (Q_i) de cada uno de los nueve manantiales, se aplicó el método volumétrico directo, técnica apropiada para fuentes de bajo caudal y surgencias de régimen constante. Esta metodología se basa en la medición del tiempo requerido para llenar un volumen conocido de agua, aplicando la siguiente ecuación sintética de caudal puntual:

$$Q_i = \frac{\textit{Recipiente}}{\textit{Tiempo}} = L/s$$

Para la medición de caudales se aplicó el método volumétrico, que relaciona tiempo y volumen, utilizando un recipiente de pyrex de 1000 cm³ ((HSTI 1000ml) calibrado

con una probeta de 500 ml (KLASS). Se realizaron cinco pruebas, obteniéndose un registro promedio de 1004.58 ml, con un margen de error dentro de lo tolerable. Asimismo, se empleó un cronómetro digital EXTECH modelo 365515 (Figura 14).

Figura 14

Instrumentos de medición de caudales



Nota. La figura muestra el equipo utilizado para la medición de caudales: un pirex de 1000 cm³ (HSTI 1000 ml), calibrado con una probeta de 500 ml (KLASS), y un cronómetro digital EXTECH modelo 365515. Fuente. Elaboración propia.

El pirex graduado de 1000 cm³ (HSTI), previamente calibrado con una probeta KLASS de 500 ml y el cronómetro digital EXTECH modelo 365515, fueron los instrumentos que se utilizaron para medir el caudal instantáneo de los 9 manantiales. Esta combinación permitió calcular el flujo de agua en litros por segundo mediante el método volumen-tiempo. Estos instrumentos permitieron determinar con precisión el volumen de agua recolectado en intervalos de tiempo definidos, asegurando datos confiables para el análisis del flujo hídrico en los manantiales.

Para la medición de caudales en el campo, adicionalmente se acondicionaron el caudal canalizando a una tubería de 2", lo que permitió un mejor control del volumen en relación al tiempo (Figura 15).

Figura 15

Medición de caudales en campo



Nota: La imagen ilustra la medición *in situ* del caudal de un manantial mediante método volumétrico, utilizando tubería de derivación.

Para la medición de caudales en campo, se contó con el apoyo fundamental de los lugareños, cuyo conocimiento empírico del territorio resultó clave para identificar puntos de afloramiento óptimos, reconocer variaciones estacionales del flujo y garantizar acceso seguro a las fuentes. Su participación facilitó la logística del trabajo in situ, la estabilización de equipos y la validación de datos en tiempo real.

Procedimiento de medición de caudal:

Para garantizar la representatividad y confiabilidad de los datos, se aplicó un protocolo sistemático de medición directa. En cada fuente de agua se realizaron tres mediciones consecutivas por visita. Esto permitió obtener un total de 27 registros por campaña (9 manantiales $\times$ 3 repeticiones), durante un periodo continuo de 12 meses de observación, comprendido entre octubre de 2022 y setiembre de 2024, alcanzando así 324 muestras acumuladas. Este enfoque permite capturar la variabilidad temporal de los caudales y establecer un patrón hidrológico comparativo

entre estaciones húmedas y secas, fundamental para la estimación de oferta hídrica sostenible. En la siguiente tabla (Cuadro 5), se muestran los registros de medición entre los años 2022 y 2024.

Cuadro 5
Cronograma de registros de caudal de los nueve manantiales

Manantial	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Fecha 4	Fecha 5	Fecha 6	Fecha 7	Fecha 8	Fecha 9	Fecha 10	Fecha 11	Fecha 12
M001	Oct-22	Nov-22	Feb-23	Abr-23	Jun-23	Ago-23	Dic-23	Ene-24	Mar-24	May-24	Jul-24	Set-24
M002	Oct-22	Nov-22	Feb-23	Abr-23	Jun-23	Ago-23	Dic-23	Ene-24	Mar-24	May-24	Jul-24	Set-24
M003	Oct-22	Nov-22	Feb-23	Abr-23	Jun-23	Ago-23	Dic-23	Ene-24	Mar-24	May-24	Jul-24	Set-24
M004	Oct-22	Nov-22	Feb-23	Abr-23	Jun-23	Ago-23	Dic-23	Ene-24	Mar-24	May-24	Jul-24	Set-24
M005	Oct-22	Nov-22	Feb-23	Abr-23	Jun-23	Ago-23	Dic-23	Ene-24	Mar-24	May-24	Jul-24	Set-24
M006	Oct-22	Nov-22	Feb-23	Abr-23	Jun-23	Ago-23	Dic-23	Ene-24	Mar-24	May-24	Jul-24	Set-24
M007	Oct-22	Nov-22	Feb-23	Abr-23	Jun-23	Ago-23	Dic-23	Ene-24	Mar-24	May-24	Jul-24	Set-24
M008	Oct-22	Nov-22	Feb-23	Abr-23	Jun-23	Ago-23	Dic-23	Ene-24	Mar-24	May-24	Jul-24	Set-24
M009	Oct-22	Nov-22	Feb-23	Abr-23	Jun-23	Ago-23	Dic-23	Ene-24	Mar-24	May-24	Jul-24	Set-24

Nota: En cada una de estas fechas se realizaron tres mediciones de caudal por manantial, con el fin de obtener un valor representativo y reducir errores por variabilidad temporal.

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de caudal correspondientes a los manantiales M001 y M002, realizadas en los meses de agosto de 2023 y marzo de 2024, respectivamente. Estos meses fueron seleccionados por representar, de manera contrastante, las fases hidrológicas de mínima disponibilidad hídrica (estiaje) y máxima recarga (crecida estacional), lo que permite evaluar la variabilidad intermensual del caudal base. Cada manantial fue sometido a tres mediciones consecutivas por fecha, cuyos resultados se sistematizan en las Cuadros 6, 7, 8 y 9.

Cuadro 6
Registros de caudal del manantial M001 en el mes de marzo

Registro	Tiempo de llenado (s)	Caudal (l/s)
1	1.90	0.525
2	1.91	0.523
3	1.90	0.527

Caudal medio	—	0.526
--------------	---	-------

Nota. Los datos corresponden a tres mediciones de caudal realizadas en marzo del 2024 en el manantial M001. El caudal se obtuvo dividiendo 1 litro entre el tiempo de llenado (en segundos), durante el mes de alta disponibilidad hídrica

Cuadro 7

Registros de caudal del manantial M001 en el mes de agosto

Registro	Tiempo de llenado (s)	Caudal (l/s)
1	5.35	0.187
2	5.26	0.190
3	5.04	0.185
Caudal medio	—	0.187

Nota. Tres registros de medición fueron tomados en agosto del 2023 en el manantial M001, coincidiendo con el mes de menor caudal (aproximadamente 20 % menos que el máximo). Se utilizó un recipiente de un litro para estimar el caudal.

Cuadro 8

Registros de caudal del manantial M009 en el mes de marzo

Registro	Tiempo de llenado (s)	Caudal (l/s)
1	1.97	0.507
2	1.97	0.507
3	1.98	0.506
Caudal medio	—	0.507

Nota. Los registros corresponden a tres mediciones de caudal en el manantial M009 realizadas en marzo del 2024. El caudal refleja las condiciones de mayor rendimiento hídrico anual en el sitio.

Cuadro 9

Registros de caudal del manantial M009 en el mes de agosto

Registro	Tiempo de llenado (s)	Caudal (l/s)
1	5.35	0.187
2	5.32	0.188
3	5.41	0.185
Caudal medio	—	0.187

Nota. Medición de caudales en condiciones de estiaje en el manantial M009, con tiempos de llenado mayores, propios del mes de agosto del 2023. El caudal se estimó utilizando la relación inversa entre volumen (1 L) y tiempo de llenado.

El procedimiento de medición aplicado a los nueve manantiales monitoreados se desarrolló de forma sistemática y continua durante doce meses, en el periodo comprendido entre los años 2022 y 2024. En cada campaña mensual se realizaron tres mediciones consecutivas por manantial, utilizando un recipiente calibrado de un litro de capacidad, conforme al método volumétrico. Si bien se cuenta con un conjunto completo de registros, las tablas presentadas muestran únicamente los resultados correspondientes a los manantiales M001 y M009, en los meses de marzo (periodo de máximo caudal) y agosto (periodo de estiaje severo), como casos representativos del comportamiento estacional del caudal base.

Estimación del caudal medio anual

El caudal medio anual total fue estimado a partir del registro mensual sistemático de tres mediciones por manantial, aplicadas a las nueve fuentes monitoreadas entre octubre de 2022 y septiembre de 2024. Los valores de caudal medio mensual, expresados en litros por segundo (l/s), fueron promediados para cada fuente hídrica a lo largo del ciclo hidrológico anual. La agregación de estos promedios arroja un caudal total estimado entre 2.9 y 4.2 l/s, lo cual representa un volumen anual disponible en el rango de 91,540 a 132,470 m³, en función de la variabilidad estacional observada. Esta cifra constituye la base hidrológica sobre la cual se

Nota. Los datos representan los caudales medios mensuales en litros por segundo (l/s) registrados para nueve manantiales (M001–M009). Los valores máximos se observan en los meses de enero a marzo, mientras que los mínimos se presentan entre mayo y noviembre.

Estimación del caudal de estiaje

Para la estimación del caudal de estiaje, se consideró el periodo comprendido entre los meses de mayo a noviembre, correspondiente a la estación seca más prolongada en la Comunidad Campesina de Ihuari, caracterizada por un clima semiárido con precipitaciones mínimas o nulas. Durante este intervalo, los manantiales registran sus valores de caudal más bajos, reflejando las condiciones hidrológicas más críticas del ciclo anual.

La selección de este tramo permite calcular el caudal de estiaje medio y el volumen total disponible en temporada seca, insumos clave para el diseño técnico de soluciones de almacenamiento, la programación de riego en el parque etnobotánico de 59 ha y la definición de estrategias de uso eficiente y sostenible del recurso hídrico bajo escenarios de déficit (cuadro 11).

Cuadro 11

Caudal medio mensual de los manantiales en época de estiaje (mayo–noviembre)

Mes	Caudal total (l/s)
Mayo	2.132
Junio	1.920
Julio	2.180
Agosto	1.723
Setiembre	2.125
Octubre	2.057
Noviembre	1.877
Caudal medio	2.002

Nota. La tabla muestra los caudales totales promedio mensuales en litros por segundo (l/s), sumando el aporte de nueve manantiales monitoreados entre octubre de 2022 y septiembre de 2024. Se incluyen los meses de mayor déficit hídrico (mayo a noviembre), característicos del clima semiárido local.

El caudal de estiaje medio de 2.002 l/s es un parámetro clave para la gestión hídrica en la Comunidad Campesina de Ihuari, especialmente durante los siete meses de sequía. Su valor constante refleja la resiliencia de los manantiales y permite estimar un volumen mínimo mensual de 5,191.58 m³, suficiente para sostener el riego del parque etnobotánico de 59 ha, áreas forestadas y actividades agroecológicas. Este dato orienta el diseño de sistemas de almacenamiento, asegura el abastecimiento en condiciones críticas y fortalece la planificación territorial bajo enfoques de sostenibilidad, eficiencia y autosuficiencia comunitaria frente a escenarios de variabilidad climática.

Estimación del volumen de agua total acumulada en periodo de estiaje

A partir del caudal de estiaje medio registrado para el periodo seco (2.002 litros por segundo), se calcula el volumen total acumulado entre mayo y noviembre (7 meses consecutivos), utilizando la siguiente expresión hidrológica:

$$V = Q \times t$$

Donde:

V : Volumen total (m³)

Q : Caudal medio (m³/s)

t : Tiempo total del periodo (s)

Reemplazando se tiene:

$$V = 0.002002 \text{ m}^3/\text{s} \times 18144000 \text{ s}$$

$$V = 36,335.69 \text{ m}^3$$

Durante el periodo de estiaje (mayo–noviembre), la oferta hídrica acumulada asciende a aproximadamente 36,336 m³, volumen que representa la disponibilidad hídrica efectiva bajo condiciones críticas. Este dato es fundamental para dimensionar reservorios de almacenamiento, planificar el riego eficiente del parque etnobotánico y garantizar el abastecimiento ecosistémico durante los meses de mayor déficit hídrico.

Determinación del caudal de diseño

Una vez determinado el caudal medio de estiaje mediante mediciones in situ efectuadas entre 2023 y 2024, aplicando el método volumétrico directo en los nueve manantiales priorizados, se obtuvo un valor consolidado de 2.002 l/s. Este caudal representa la oferta hídrica mínima en condiciones de recarga natural restringida. En función de ello, y bajo criterios de sustentabilidad hidrológica, se estableció un caudal ecológico equivalente al 20% del caudal de estiaje (0.4004 l/s), como umbral indispensable para preservar la integridad del ecosistema asociado al manantial. A partir de esta base, se procedió al cálculo del caudal de diseño, entendido como el caudal técnicamente disponible para uso antrópico sin comprometer el equilibrio ecológico, resultando en 1.6016 l/s. El cálculo siguió el siguiente procedimiento:

Caudal total (estiaje)

$$Q_{Total} = 2.002 \text{ l/s}$$

Cálculo del caudal ecológico (20%)

$$\begin{aligned} Q_{Ecologico} &= Q_{Total} \times 0.20 \\ Q_{Ecologico} &= 2.002 \text{ l/s} \times 0.20 \\ Q_{Ecologico} &= 0.400 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Cálculo del caudal de diseño

$$\begin{aligned} Q_{Diseño} &= Q_{Total} - Q_{Ecologico} \\ Q_{Diseño} &= 2.002 \text{ l/s} - 0.400 \text{ l/s} \\ Q_{Diseño} &= 1.602 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Al analizar el caudal de diseño disponible para el proyecto —estimado en 1.601 l/s tras descontar el caudal ecológico— se concluye que este volumen no es suficiente para abastecer las 59 hectáreas inicialmente proyectadas para el Parque Etnobotánico Comunal de Ihuari. Esta limitación se vuelve crítica en condiciones de estiaje prolongado, cuando la disponibilidad hídrica disminuye drásticamente. Por tanto, aplicando criterios de uso eficiente del recurso, y considerando los requerimientos hídricos por hectárea en un contexto semiárido altoandino, se optó por reducir el área verde permanente a 25 hectáreas. Esta decisión asegura la

operatividad técnica del sistema de riego, la conservación ecológica de los manantiales y la viabilidad del proyecto a largo plazo. El redimensionamiento no implica una pérdida de funcionalidad, sino una adecuación responsable a la capacidad hídrica real del territorio, garantizando un desarrollo sostenible equilibrado en las dimensiones ambiental, económica y social.

En conclusión, el caudal de diseño disponible, resultante del análisis volumétrico de nueve manantiales y ajustado por criterios ecológicos, alcanza 1.6016 l/s, volumen que, resulta suficiente y sostenible para una extensión operativa de 25 hectáreas del Parque Etnobotánico. Esta adecuación, basada en la capacidad hídrica real del territorio, garantiza el uso eficiente del recurso, preserva la funcionalidad de los ecosistemas de montaña y fortalece la viabilidad técnica, ambiental y social del proyecto comunal en el mediano y largo plazo, de la c.c. de Ihuari.

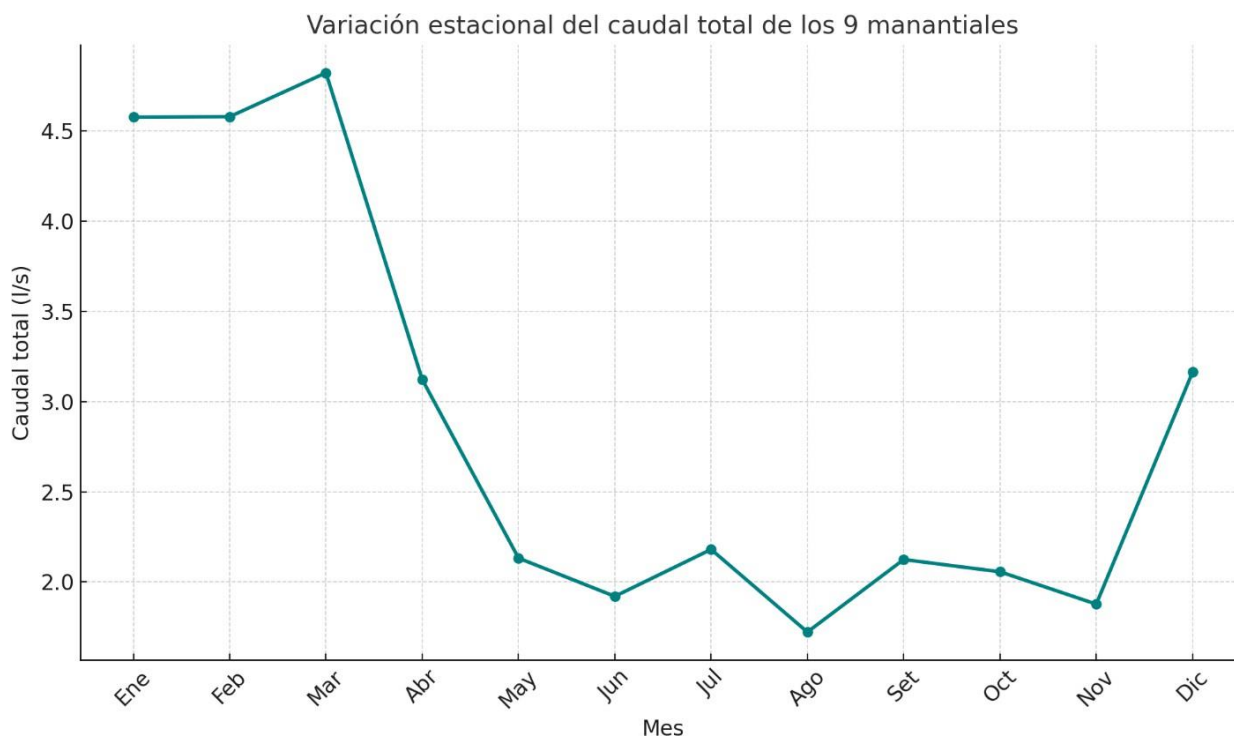
Variabilidad temporal de la oferta hídrica

Curva de variación de caudales

La gráfica (Figura 16), muestra la variación estacional del caudal total (en l/s) de los 9 manantiales a lo largo del año, donde se observa claramente:

- Pico en marzo (máxima disponibilidad hídrica, época de lluvias).
- Descenso marcado entre mayo y octubre (época de estiaje).
- Incremento progresivo desde noviembre a enero

Figura 16

Variación estacional del caudal total mensual (2022–2024)

Nota. La gráfica muestra el comportamiento del caudal total promedio mensual, en litros por segundo (l/s), sumando los aportes de los nueve manantiales monitoreados entre octubre de 2022 y septiembre de 2024. Se observa un aumento del caudal en los meses de lluvia (enero a marzo), seguido por una disminución en la estación seca (mayo a octubre).

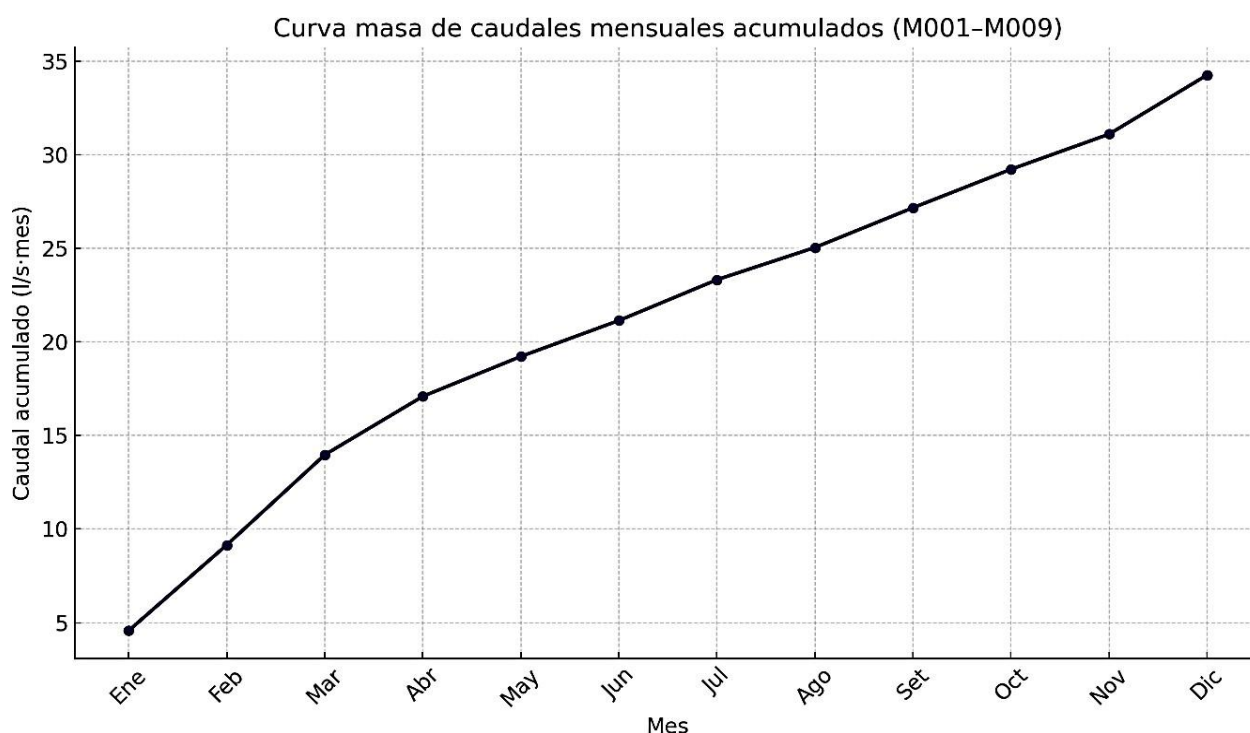
La gráfica muestra la variación estacional del caudal total combinado de los 9 manantiales durante un año, expresado en litros por segundo (l/s). El caudal presenta un pico máximo en marzo, alcanzando cerca de 4.7 l/s, seguido de una disminución progresiva hasta agosto, donde se registra el valor más bajo (aproximadamente 1.7 l/s), coincidiendo con la época de estiaje. A partir de septiembre, el caudal comienza a recuperarse, con un incremento notable en diciembre, indicando una tendencia de recarga hídrica hacia finales del año. Esta dinámica refleja un régimen pluvial concentrado en la temporada de lluvias (marzo-mayo) y una fuerte reducción en la sequía (junio-agosto).

Curva masa de caudales

La curva masa permite visualizar la acumulación progresiva del caudal total proveniente de nueve manantiales en la comunidad de Ihuari. Esta curva es clave para calcular el volumen de agua anual disponible y dimensionar la infraestructura hídrica necesaria en el parque etnobotánico. Esta herramienta es útil para identificar los periodos de mayor y menor disponibilidad hídrica a lo largo del año. En el contexto semiárido de Ihuari, donde la oferta de agua es estacional, la curva masa es esencial para estimar el volumen anual disponible y diseñar sistemas de almacenamiento adecuados. Su análisis facilita la planificación del uso del agua en el parque etnobotánico de 25ha, garantizando el abastecimiento sostenible incluso en los meses de extrema sequedad (Figura 17).

Figura 17

Curva masa de caudales mensuales acumulados (2022–2024)



Nota. La figura muestra la acumulación mensual de los caudales totales (en l/s·mes) registrados entre octubre de 2022 y septiembre de 2024. La pendiente ascendente

más pronunciada entre enero y marzo corresponde a la estación lluviosa, mientras que la menor pendiente entre mayo y noviembre evidencia la estación seca.

Curva masa del caudal de diseño

Conociendo el caudal de diseño constante de 1.601 L/s, se calculó el volumen de agua en el transcurso de 7 días. Para un mejor control del agua se determinó la curva masa del caudal de diseño de un intervalo de 7 días, con los siguientes datos (Cuadro 12)

Cuadro 12

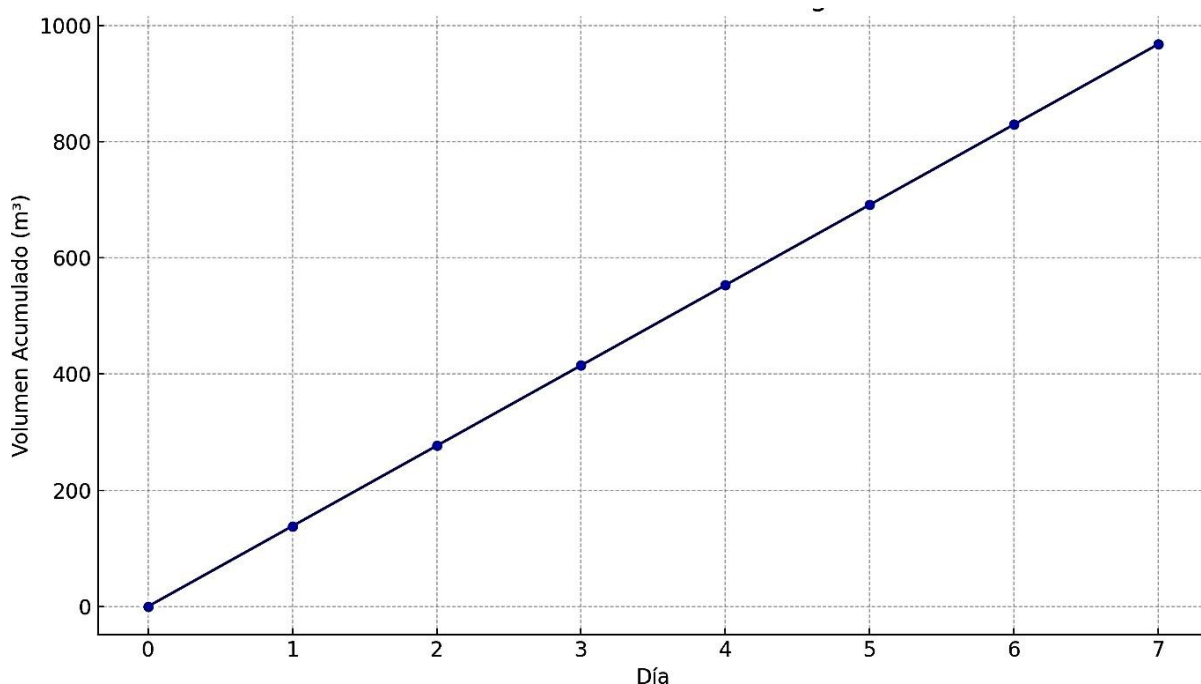
Volumen de agua acumulado en una semana

Día	Tiempo (s)	Volumen acumulado (L)
1	86,400	$1.601 \times 86,400 = 138,326.4$
2	172,800	$1.601 \times 172,800 = 276,652.8$
3	259,200	$1.601 \times 259,200 = 414,979.2$
4	345,600	$1.601 \times 345,600 = 553,305.6$
5	432,000	$1.601 \times 432,000 = 691,632.0$
6	518,400	$1.601 \times 518,400 = 829,958.4$
7	604,800	$1.601 \times 604,800 = 968,284.8$

Nota. Elaboración propia con base en un caudal de diseño constante de 1.601 litros por segundo (L/s), convertido a metros cúbicos por segundo (m^3/s) para el cálculo del volumen acumulado diario.

Con esta información se graficó la curva masa del caudal de diseño (Figura 18). La curva masa es una representación gráfica del volumen acumulado de agua a lo largo del tiempo, en este caso con un caudal constante de 1.601 L/s. Dado que el caudal no varía, la curva tiene una pendiente constante, lo que indica una acumulación uniforme de agua.

Figura 18

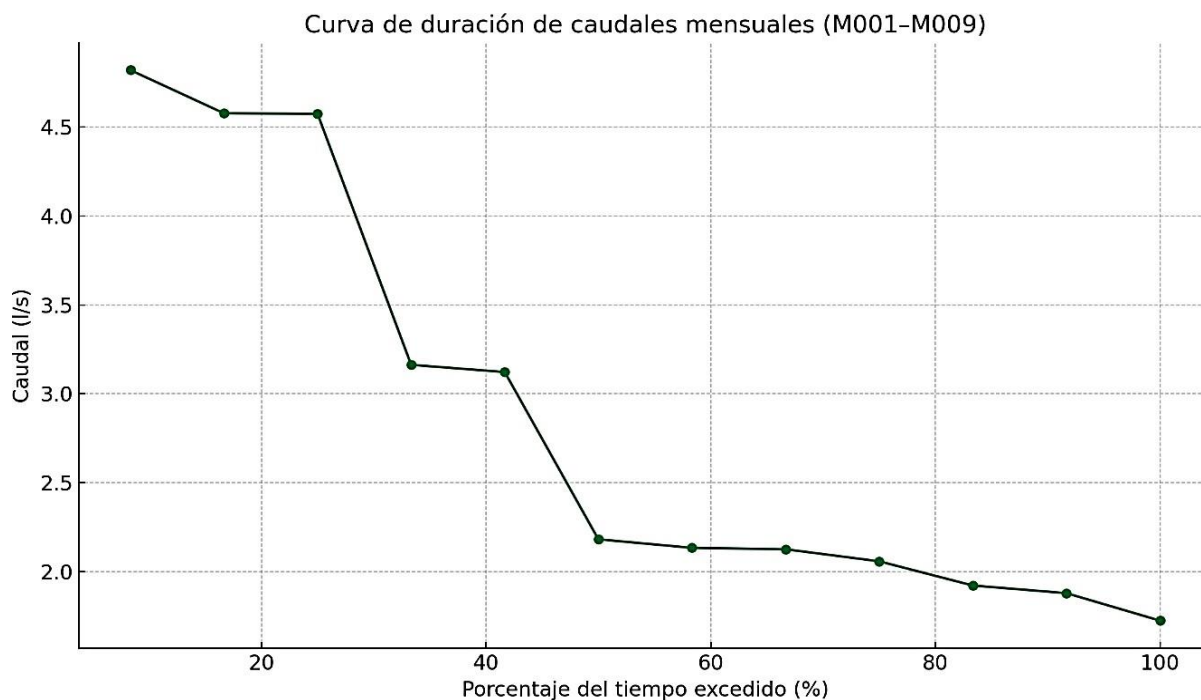
Curva masa del caudal de diseño de 7 días

Nota: El gráfico muestra el volumen acumulado en metros cúbicos (m³) generado por el caudal constante de 9 manantiales durante un periodo de 7 días. La tendencia es lineal, lo que indica un aporte diario uniforme. Elaboración propia (2025).

Curva de duración de caudales

La curva de duración de caudales permite conocer con qué frecuencia se dispone de ciertos niveles de caudal a lo largo del año (Figura 19). En el contexto semiárido de Ihuari, esta herramienta es esencial para definir caudales de diseño confiables que aseguren el abastecimiento y mantenimiento del parque etnobotánico. Al mostrar qué caudales se mantienen durante el 80% o 90% del tiempo, se puede dimensionar infraestructura de almacenamiento, riego o distribución con criterios de sostenibilidad y eficiencia hídrica.

Figura 19

Curva de duración de caudales mensuales

Nota. La curva presenta los caudales mensuales ordenados de mayor a menor, mostrando el porcentaje del tiempo en que cada valor es igualado o superado. Esta información es clave para establecer caudales de diseño con niveles aceptables de confiabilidad para el abastecimiento del parque agroecológico zonal.

Según la gráfica, se observa que los mayores caudales corresponden a los meses de lluvia (0–20% del tiempo), mientras que los caudales más bajos se extienden a lo largo de la estación seca (70–100%). Esta información es clave para establecer caudales de diseño con niveles aceptables de confiabilidad para el abastecimiento del parque agroecológico. Así, el caudal más alto (~4.2 l/s) se dispone solo el 10% del tiempo (época de lluvias), en tanto el caudal de diseño más bajo (~1.7 l/s) mantiene o supera el 90% del tiempo (época seca). De esta manera se tiene la opción de seleccionar caudales con base en niveles de confiabilidad de 75%, 80% o 90%.

Dimensionamiento del reservorio de agua

El desarrollo del parque etnobotánico de 25 hectáreas en la Comunidad Campesina de Ihuari requiere una gestión hídrica eficiente, especialmente en un contexto de clima semiárido altoandino, donde la disponibilidad de agua es limitada y estacional. En ese sentido el dimensionamiento del reservorio se hizo sobre la base de los siguientes datos: caudal de ingreso 1.601 l/s (caudal de diseño), tiempo de captación 8 horas, y una altura útil de 3 metros.

En la siguiente tabla (Cuadro 13), se visualiza la acumulación del volumen de agua hora a hora a partir de un caudal constante de 1.601 litros por segundo durante un periodo de 8 horas. Esta acumulación progresiva sirve de base para diseñar el tamaño adecuado del reservorio, asegurando que pueda almacenar la cantidad total de agua captada en ese tiempo.

Cuadro 13

Acumulación horaria del volumen de agua para diseño del reservorio.

Hora	Volumen horario (m ³)	Volumen acumulado (m ³)
0	0.0000	0.0000
1	5.7636	5.7636
2	5.7636	11.5272
3	5.7636	17.2908
4	5.7636	23.0544
5	5.7636	28.818
6	5.7636	34.5816
7	5.7636	40.3452
8	5.7636	46.1088

Nota. Volumen acumulado de agua por hora durante 8 horas a un caudal constante de 1.601 l/s, utilizado para dimensionar el reservorio de riego del parque etnobotánico de 25 ha en Ihuari. Fuente: Elaboración propia (2025).

Este resultado permite establecer que el volumen total de agua a almacenar en el reservorio tras 8 horas de captación continua, es de 46.11 m³, valor que constituye el volumen útil mínimo necesario para su diseño. Junto a este dato, otro parámetro fundamental es la altura útil del reservorio, que en este caso se ha definido en 3 metros, atendiendo a criterios técnicos y operativos. A partir de estos elementos, se

evaluaron dos alternativas geométricas viables para el diseño estructural: un modelo rectangular, que facilita la construcción en terrenos planos y de fácil acceso, y un modelo circular, que ofrece eficiencia hidráulica y facilidad de mantenimiento.

Reservorio rectangular

Altura: 3 m

Área base requerida:

$$A = \frac{46.11}{3} = 15.37\text{m}^2$$

Dimensiones aproximadas:

Largo: 5.00 m

Ancho: 3.07 m

Volumen total: $5.00 \times 3.07 \times 3 = 46.05 \text{ m}^3$

Reservorio circular

Altura: 1.46 m

Área base requerida: 6.16 m^2

Radio:

$$r = \sqrt{\frac{6.16}{\pi}} = 1.40\text{m}$$

Diámetro: 2.80 m

Volumen total: $\pi \times (1.40)^2 \times 1.46 \approx 9.00 \text{ m}^3$

Los reservorios de agua —rectangular y circular— cumplen adecuadamente con el volumen de almacenamiento requerido de 80.690 m^3 , considerando una altura útil de 3 metros para el modelo rectangular. El reservorio rectangular fue elegido como reservorio principal, por su fácil construcción (Figura 20) y los otros tres reservorios circulares de 9m^3 cada uno como reservorios complementarios (Figura 21).

Figura 20

Reservorio de agua de forma rectangular



Nota. Un reservorio rectangular es una solución práctica y eficaz para el almacenamiento de agua, cuya popularidad se debe a su diseño sencillo y su adaptabilidad a diferentes terrenos y necesidades. Fuente: <https://www.regionlalibertad.gob.pe/noticias/nacionales/9-pages/13918-anuncian-ii-etapa-de-proyecto-de-reservorios-para-julcan>

*Figura 21***Reservorio de agua de forma circular**

Nota. Los reservorios circulares en Ihuari son ideales: resisten presión hidrostática, minimizan erosión en pendientes y optimizan almacenamiento con menos material. Su forma facilita limpieza de sedimentos y se integra con riego por gravedad, clave para el clima altoandino con heladas y lluvias intensas.

En los pisos altoandinos como en la c.c de Ihuari, los reservorios son vitales. La importancia de múltiples reservorios interconectados almacenando 80m³ de agua, para un parque etnobotánico de 25 ha es de gran holgura. Actúa como almacén de agua garantizado para riego suplementario en épocas de estiaje pluvial, asegurando la supervivencia de especies nativas y cultivos tradicionales. Es vital para la investigación, conservación y educación, protegiendo la biodiversidad y el patrimonio cultural ante la variabilidad climática.

Disponibilidad hídrica para el parque etnobotánico

El Parque etnobotánico de Ihuari, según los resultados obtenidos, cuenta con una oferta hídrica constante de 1.601 litros por segundo, con un sistema de almacenamiento nocturno de 14 horas (6:00pm a 8:00 am). Esto permite disponer diariamente de más de 138.33 m³ de agua (los 80.690m³ almacenados + el caudal flujo de 10 horas igual a 57.634m²), utilizada principalmente durante el periodo de mayor actividad fotosintética (6 am a 5 pm). Esta disponibilidad es suficiente para abastecer las 25 hectáreas del parque, garantizando condiciones óptimas para la sostenibilidad ecológica.

La oferta hídrica diurna se calculó de la siguiente forma:

Volumen de agua almacenado durante la noche:

$$Q_{\text{almacenado}} = 1.601 \text{ L/s} \times 14 \text{ h} \times 3600 \text{ s/h} = 86,690 \text{ L} = 86.69 \text{ m}^3$$

Agua disponible durante las 10 horas de fotosíntesis:

Flujo constante:

$$1.601 \text{ L/s} \times 10 \text{ h} \times 3600 \text{ s/h} = 57,636 \text{ L} = 57.636 \text{ m}^3$$

Total, disponible = almacenado + flujo diurno

$$Q_{\text{total día}} = 86.90 + 57.636 = 138.33 \text{ m}^3 / \text{día}$$

El parque etnobotánico

Para la presente investigación, el parque etnobotánico se constituye en un eje estratégico ya que articula la oferta hídrica de los manantiales con el desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari (Figura 22).

Figura 22

El parque etnobotánico y sus dimensiones



Fuente: Elaboración propia. En el parque etnobotánico, se prevé construir reservorios de agua.

El parque etnobotánico tiene una extensión total de 59ha, de las cuales, un espacio de 25 ha está dedicado a conservar y promover la diversidad vegetal de las ecorregiones serranía esteparia y puna, adaptadas al clima cálido seco y templado subhúmedo. Combina conservación, investigación y recreación mediante colecciones vegetales, áreas verdes, senderos y espacios comunitarios. Ambientalmente, preserva 25 ha de biodiversidad nativa con un sistema de riego eficiente garantizado por un caudal de 1.601 l/s. Económicamente, genera ingresos mediante turismo vivencial y productos derivados con valor agregado. Socialmente, fortalece la identidad y cohesión comunitaria (Figura 23).

Figura 23

Compartimiento del parque etnobotánico con vegetación xerofita.



Nota. En el sector noroeste del parque etnobotánico de Ihuari se encuentra una zona dedicada a la vegetación xerofítica de la serranía esteparia, un ecosistema adaptado a condiciones de sequía extrema.

Fuente: <https://www.paiscircular.cl/ciudad/xerogardineria-la-tendencia-que-busca-reducir-el-cesped-y-la-vegetacion-exotica-en-parques-y-jardines-para-combatir-la-escasez-hidrica-en-la-zona-central/>

El parque etnobotánico de Ihuari representa una integración visionaria de infraestructura multifuncional que armoniza tradición y modernidad, y como tal prevé la construcción de un campo de fútbol, que más allá de su función recreativa, se convierte en un espacio de cohesión social donde la comunidad se reúne y fortalece sus lazos a través del deporte. Cuatro pirámides truncas de tipo Caral, inspiradas en la arquitectura ancestral andina, que funcionan como observatorio astronómico donde los visitantes pueden reconectarse con los conocimientos celestes de los antepasados, observando los movimientos estelares que guiaban las actividades agrícolas y ceremoniales (Figura 24)

Figura 24

Pirámide trunca para observatorio celeste y paisajístico.



Nota. La pirámide trunca inspirada en la civilización Caral se construirá utilizando técnicas ancestrales mejoradas, con base rectangular y plataforma superior plana. Su diseño seguiría los principios de arquitectura sagrada andina, orientándose según los ejes astronómicos cardinales con muros inclinados y escaleras centrales que simbolizan la conexión entre el Kay Pacha (mundo terrenal) y el Hanan Pacha (mundo superior).

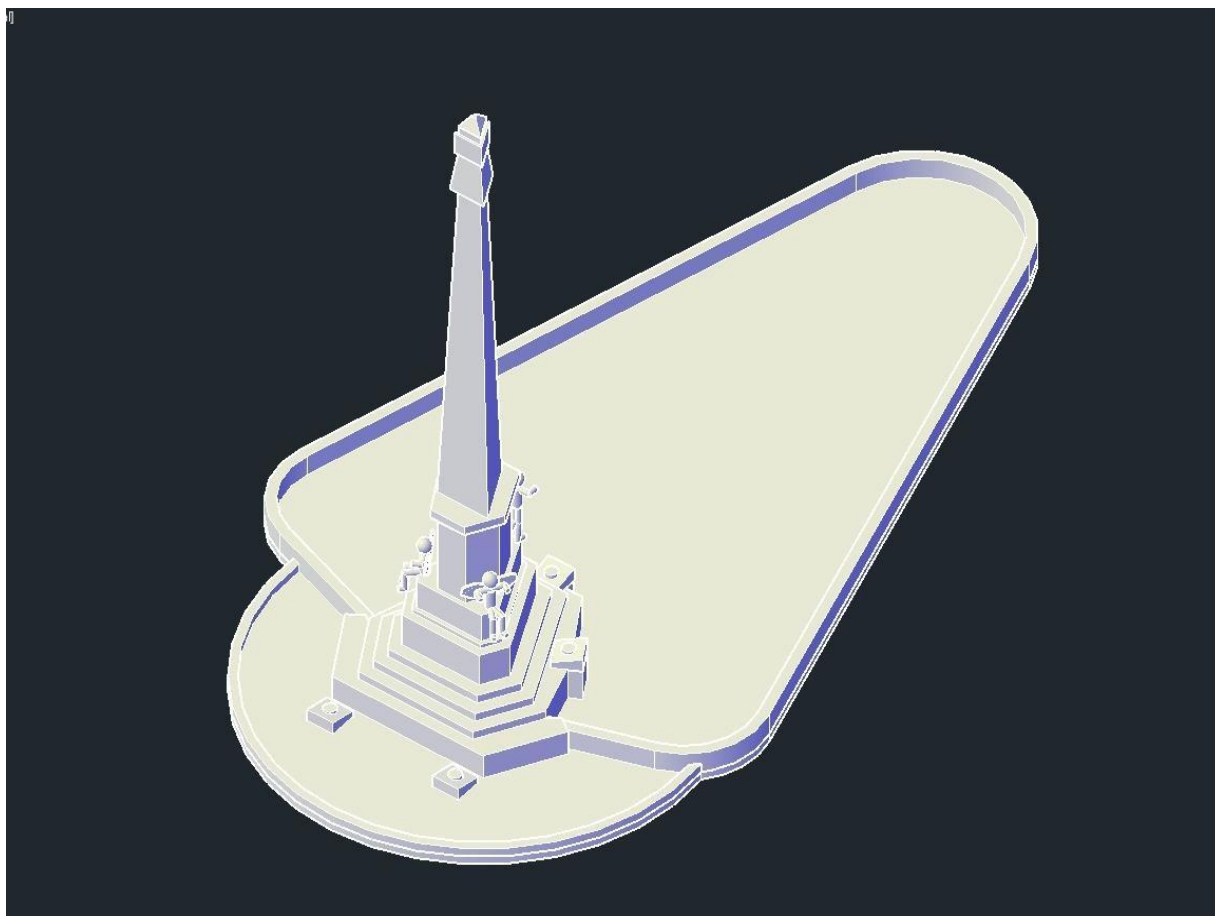
La construcción empleará mano de obra local y técnicas ancestrales de bioarquitectura, utilizando materiales de la zona. Su mantenimiento sería colectivo, reforzando la identidad cultural mientras se crea un símbolo físico del renacimiento de los conocimientos ancestrales en la comunidad de Ihuari. Estas pirámides representan la síntesis entre pasado y presente, uniendo la sabiduría de Caral (la civilización más antigua de América) con las necesidades contemporáneas de una comunidad campesina andina como Ihuari.

Por otro lado, en la parte central del parque etnobotánico está proyectado la construcción del obelisco central de 30m de altura (Figura 25), que sirve como eje

simbólico y funcional, actuando como reloj solar que marca los solsticios y equinoccios, integrando el ciclo natural con la experiencia humana.

Figura 25

Obelisco central del parque etnobotánico



Nota. El obelisco central representa el axis mundi que conecta los tres mundos andinos. Simboliza la unión entre naturaleza y cultura, funcionando como punto de congregación ceremonial y educativo. Refuerza la identidad comunitaria mediante la materialización de saberes ancestrales en un espacio de integración colectiva y memoria viva. Fuente. Elaboración propia en AutoCAD.

También se proyecta la construcción de un anfiteatro al aire libre (Figura 26), que proporciona un escenario natural para ceremonias, representaciones culturales y la transmisión intergeneracional de saberes, creando un puente vivo entre el pasado y el presente, mientras que las rutas de ciclismo no solo conectan los diversos sectores del parque, sino que promueven la movilidad sostenible y permiten a los visitantes experimentar el paisaje de manera inmersiva.

Figura 26
Anfiteatro semicircular de base circular en el parque etnobotánico



Nota. El anfiteatro de diseño semicircular con gradas de piedra tendrá una capacidad para 100-150 personas. Se trata de un escenario circular simple con suelo empedrado, diseñado con acústica natural, rodeado de vegetación nativa, será ideal para ceremonias, representaciones culturales y reuniones comunitarias

El diseño del parque etnobotánico, favorece la integración del conocimiento científico y el diseño técnico, contribuyendo al desarrollo sostenible y bienestar ambiental de la comunidad. En la siguiente tabla se muestra los aspectos funcionales del parque (Cuadro 14).

Cuadro 14
Distribución funcional del parque etnobotánico ajustada a 25 hectáreas

Componente	Área (ha)	Descripción	Aportes a la Eficiencia Fotosintética (EF)
Zona de colección etnobotánica	6.5	Vegetación nativa y cosmopolita, alta biodiversidad	Sí

Vivero forestal y de plantas medicinales	3.5	Producción y conservación de especies nativas	Sí
Bosque comunal de conservación y monitoreo	4.5	Incluye área verde multifuncional	Sí
Zona de investigación y monitoreo técnico (estación meteorológica)	1.0	Espacios para estudio botánico, parcialmente vegetados	Parcial
Zona de interpretación cultural y educativa e infraestructura básica comunal	0.75	Infraestructura educativa y cultural	No
Zona de descanso y ecoturismo	0.75	Infraestructura básica para atención y servicios	No
Reservorios de agua senderos y circuito de ciclismo	1.25	Con cipreses distribuidos en patrón triangular	No
Cancha de fútbol (césped natural)	0.6	Césped natural, aporta cobertura vegetal y estética	Sí (moderado)
Anfiteatro	0.5	Espacio para eventos culturales, rodeado de vegetación	No
Obelisco central	0.2	Elemento simbólico con jardinería alrededor	No
4 pirámides truncas	0.45	Miradores culturales con vegetación alrededor	No
Total	25		

Nota. La distribución integra áreas vegetadas, culturales y recreativas para optimizar la eficiencia fotosintética, elevar la calidad paisajística y la sostenibilidad ambiental del parque. Fuente. Elaboración propia, 2024.

Estos elementos se complementan con jardines demostrativos de horticultura tradicional que preservan técnicas ancestrales, zonas de descanso con especies nativas que ofrecen sombra y refugio, y miradores panorámicos estratégicamente ubicados que permiten apreciar el paisaje altoandino. Esta diversidad de espacios convierte al parque en un verdadero polo de integración comunitaria, educación ambiental y revitalización cultural, donde cada elemento de infraestructura sirve como herramienta para fortalecer la identidad colectiva y promover un desarrollo sostenible (Figura 27).

Figura 27

Revitalización ecológica de las 25ha del parque etnobotánico.



Fuente: Elaboración propia. El área del parque etnobotánico en la actualidad es un espacio erizado sujeto a intensa erosión del suelo.

En el Anexo 8, se muestra la división geométrica y compartimientos del parque etnobotánico. Esta información es clave para planificar el manejo sostenible del parque, ya que permite identificar las zonas con mayor capacidad para captar carbono y mantener el equilibrio ambiental. Además, la integración de especies nativas y adaptadas no solo optimiza la biodiversidad y resiliencia ecológica, sino que también mejora la calidad paisajística, ofreciendo un entorno visualmente armonioso y culturalmente significativo.

Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible en esta investigación se determinó con la siguiente ecuación ponderada multiplicativa

$$DS = Sa_1^{w1} \times Se_2^{w2} \times Ss_2^{w3}$$

Donde:

DS: Desarrollo sostenible

I₁: Indicador 1 (Sostenibilidad ambiental, Sa)

I₂: Indicador 2 (Sostenibilidad economica, Se)

I₃: Indicador 3 (Sostenibilidad social Sa)

Con los siguientes pesos:

$$w_1 + w_2 + w_2 = 1$$

$$W1 = 0.40$$

$$W2 = 0.35$$

$$W3 = 0.25$$

Sostenibilidad ambiental (Sa)

La sostenibilidad ambiental de la comunidad campesina de Ihuari, se determinó en función de la eficiencia fotosintética (EF), la calidad paisajística (CP) y el equilibrio ecológico (EE) del parque etnobotánico, donde la sostenibilidad ambiental (Sa), es resultado de la siguiente ecuación ponderada multiplicativa:

$$Se = I_1^{w1} \times I_2^{w2} \times I_2^{w3}$$

Donde:

Sa: Sostenibilidad ambiental:

I₁: Indicador 1 (Eficiencia fotosintética)

I₂: Indicador 2 (Calidad paisajística)

I₃: Indicador 3 (Equilibrio ecológico)

Con los siguientes pesos:

$$w_1 + w_2 + w_2 = 1$$

$$W_1 = 0.40$$

$$W_2 = 0.20$$

$$W_3 = 0.30$$

Eficiencia fotosintética

La eficiencia fotosintética del parque etnobotánico, se calculó considerando los parámetros espaciales, geométricos, ecológicos y funcionales del parque alimentado por la oferta hídrica disponible de 1.601 l/s.

En ese sentido cada compartimiento asignado del parque etnobotánico presenta diferencias en la eficiencia fotosintética definido principalmente por la tipología de vegetación que concentra, tal como se explica en la siguiente tabla (Cuadro 15)

Cuadro 15

Tipos de vegetación y eficiencia fotosintética (EF)

Tipo de Vegetación	Área (ha)	Especies Ejemplares	Características	Aporte a EF
--------------------	-----------	---------------------	-----------------	-------------

Zona de colección etnobotánica	6.5	Pajonales, tréboles, gramas, gramíneas, molles, arrayán, ichu, puya Raimondi, pinos, cipreses	Alta diversidad y cobertura; adaptadas a clima	Alta
Bosque comunal de conservación y monitoreo	3.5	Especies nativas de la ecorregión serranía esteparia	Área productiva y de propagación vegetal	Alta
Áreas verdes multifuncionales	5	Césped natural, plantas ornamentales, árboles nativos e introducidos (eucalipto, pino, flores de jardín)	Combina estética y función ecológica	Moderada a alta
Bosque natural	4	Vegetación nativa, árboles y arbustos	Ecosistema natural protegido y regenerado	Alta
Césped natural (cancha de fútbol)	0.6	Gramas adaptadas al clima templado seco/subhúmedo	Cobertura vegetal que mejora infiltración y sombra	Moderada
Zona de investigación y monitoreo técnico (estación meteorológica)	1	Plantas en cultivo y experimentación	Vegetación controlada y parcial	Parcial
Vegetación en reservorios, senderos y circuito	1.25	Cipreses en patrón triangular	Línea arbórea que provee sombra y estética	Baja (lineal)
Vegetación ornamental y jardines	0.5	Flores cosmopolitas y plantas aromáticas	Valor estético y cultural	Baja a moderada

Nota. Áreas estimadas de cada tipo de vegetación en el Parque Etnobotánico y su contribución a la eficiencia fotosintética, considerando la adaptación al clima y funciones ecológicas. Fuente. Elaboración propia, basada en el diseño del parque etnobotánico de la comunidad campesina de Ihuari (2024).

La eficiencia fotosintética (Ef) mide la capacidad de las plantas para convertir la energía solar en biomasa, es decir, cómo aprovechan la luz del sol para realizar la fotosíntesis. Se calculó con la siguiente ecuación:

$$Ef = \left[\frac{\text{Produccion de biomsa } \left(\frac{MJ}{m^2 \text{ año}} \right)}{\text{Radiacion solar incidente } \left(\frac{MJ}{m^2 \text{ año}} \right)} \right] \times 100$$

Donde:

Producción de biomasa: Energía química almacenada en la materia vegetal.

Radiación solar incidente: Energía solar total recibida por unidad de superficie en un año.

Radiación solar incidente en la zona de estudio

La estimación de la radiación solar incidente para la zona de estudio, se identificó en función de su altitud $\approx 2\,822$ msnm y coordenadas UTM: 8762430 286891. Según el Atlas de Energía Solar del Perú elaborado por SENAMHI/DEP-MEM (2003), una estación ubicada en la sierra a una altitud similar ($\sim 3\,207$ msnm) registra una irradiación media diaria anual de aproximadamente $5.79 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ y como Ihuari se encuentra a menor altitud, por interpolación la radiación solar incidente resulta en $\approx 3.8 \text{ kWh/m}^2/\text{día} \approx 13.7 \text{ MJ/m}^2/\text{día} \sim 5,000 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{año}$.

Producción de biomasa por tipo de vegetación

El Cuadro 16, presenta estimaciones de la Producción Primaria Neta (NPP) para cada compartimento del parque etnobotánico, expresadas en toneladas de materia seca por hectárea al año ($\text{t MS/ha} \cdot \text{año}$). Este valor representa la cantidad de biomasa vegetal que se acumula anualmente después de descontar la respiración de las plantas. Es un indicador directo de la eficiencia fotosintética y productividad ecológica de cada tipo de vegetación presente en el parque.

Cuadro 16

Producción de biomasa por compartimento del parque etnobotánico

Compartimentos del parque etnobotánico	Área (ha)	Valor estimado de NPP ($\text{t MS/ha} \cdot \text{año}$)	Fuente / Referencia
Zona de colección etnobotánica)	4	9.8 ± 1.5	NPP 4.6–15.3 Mg C/ha·año en pastizales andinos (ResearchGate, nph.onlinelibrary.wiley.com)
Bosque comunal de conservación y monitoreo)	6.5	8.0 ± 1.0	Promedio de pastizales montanos y bosques andinos NPP 7–15 Mg C

(ResearchGate, research-repository.st-andrews.ac.uk)

Vivero forestal y de plantas medicinales	3.5	8.0 ± 1.0	Similar a colecciones vegetales, vegetación densa adaptada
Césped natural en cancha de fútbol (gramíneas)	0.6	6.0 ± 0.5	Productividad notable en gramíneas templadas (PMC)
Bosque comunal de conservación y monitoreo (Bosque natural nativo)	4	6.0 ± 0.8	Tasa de bosque andino ~7 Mg C/ha·año (nph.onlinelibrary.wiley.com, Reddit)
Ornamentales y jardines	3	5.0 ± 1.0	Vegetación adaptada moderada, productividad de ornamentales típica
Zona de investigación y monitoreo: estación meteorológica, 50% área verde	0.5	7.0 ± 1.0	Vegetación experimental y controlada
Vegetación en reservorios, senderos/circuito	1.25	6.0 ± 0.5	Árboles lineales (ciprés) con productividad moderada

Nota. Los valores de biomasa estimada corresponden a promedios de producción neta anual (NPP) en ecosistemas andinos similares, considerando el tipo de vegetación presente en cada compartimento del parque etnobotánico. Fuente: Elaboración propia basada en datos de Malhi et al. (2017), Zimmermann et al. (2009) y FAO (2015).

Cálculo de EF para compartimiento vivero forestal y de plantas medicinales

Datos disponibles:

NPP (Producción primaria neta): 8.0 t MS/ha año

Radiación solar anual en Ihuari: 7,227 MJ/m²·año

Factor de conversión biomasa → energía: 0.0175 MJ/g MS

Conversión NPP a gramos por metro cuadrado al año

8.0t MS/ha/año = 8.0 × 100=800g MS/m²/año

Convertir biomasa seca a energía almacenada (MJ/m²·año)

800 g MS/m² × 0.0175 MJ/g = 14.0 MJ/m²/año

Cálculo de la eficiencia fotosintética

$$EF = \left[\frac{14.0}{7227} \right] \times 100 = 0.1937\%$$

La eficiencia fotosintética del compartimento *conservación y vivero* es aproximadamente 0.19 %.

El Cuadro 17, muestra la estimación de la eficiencia fotosintética (EF) de los principales compartimentos vegetados del Parque Etnobotánico de la Comunidad Campesina de Ihuari. La EF representa el porcentaje de la radiación solar anual aprovechada por las plantas para producir biomasa (energía almacenada en materia seca), en función de la producción primaria neta (NPP) de cada tipo de cobertura vegetal.

Los valores de NPP fueron expresados en toneladas de materia seca por hectárea al año (t MS/ha año), convertidos luego a energía (MJ/m²·año), y comparados con la radiación solar media estimada para Ihuari (5000MJ/m²·año). La conversión se realizó considerando un factor de 0.0175 MJ por gramo de biomasa seca.

Cuadro 17

Niveles de eficiencia fotosintética por compartimiento

Compartimentos del parque etnobotánico	Área (ha)	NPP (t MS/ha año)	Energía almacenada (MJ/m²·año)	EF (%)
Zona de colección etnobotánica:				
Plantas xerofitas mejoradas (ichu, pajonal, cactáceas)	4	14	24.5	0.49
Colecciones vegetales enriquecidas	6.5	12	21	0.42
Vivero forestal y de plantas medicinales mejoradas	3.5	12	21	0.42
Césped natural mejorado	0.6	9	15.75	0.32

Bosque natural rápido crecimiento	4	9	15.75	0.32
Ornamentales y jardines con especies nativas vigorosas	3	7	12.25	0.25
Zona de investigación y monitoreo (estación meteorológica)	0.5	10	17.5	0.35
Vegetación en zonas de reservorio, senderos y circuito con ciprés	1.25	9	15.75	0.32

Nota. La eficiencia fotosintética fue estimada en función de la producción primaria neta (NPP) promedio de cada compartimento, considerando la radiación solar anual incidente en Ihuari y un factor de conversión energético estándar para biomasa vegetal. Fuente: Elaboración propia basada en Malhi et al. (2017), Zimmermann et al. (2009) y SENAMHI (2003).

Estos datos permiten valorar la contribución ecológica de cada zona del parque en términos de captura de energía solar y producción de biomasa, información clave para evaluar la sostenibilidad ambiental y orientar el manejo del recurso hídrico y vegetal. Según se puede ver, la eficiencia fotosintética del parque etnobotánico de Ihuari, oscila entre 0.25 % y 0.49 %. Este rango es coherente con las condiciones altoandinas del sitio y la diversidad estructural del parque, lo que evidencia un buen nivel de funcionalidad ecológica para fines de sostenibilidad ambiental.

Los resultados muestran que las áreas con vegetación nativa densa y adaptada a condiciones altoandinas, como la puya Raimondi, (Figura 28) presentan ciertos niveles de eficiencia fotosintética (hasta 0.49 %), mientras que las partes con vegetación más ornamental o de cobertura media (como césped, senderos y jardines) muestran eficiencias más moderadas (alrededor de 0.25 %–0.32 %).

Figura 28

La puya Titanca (*Puya raimondii* Harms)



Nota. La Puya Raimondi (AGREGAR NOMBRE CIENTIFICO) una eficiencia fotosintética aceptable altamente especializada.

En la siguiente tabla (Cuadro 18), se presenta la estimación de biomasa seca (MS) generada anualmente por cada compartimento funcional del parque etnobotánico de la comunidad Campesina de Ihuari, a partir de su productividad primaria neta (NPP). Sobre esta biomasa, se calculó el oxígeno liberado, considerando que por cada tonelada de MS se producen aproximadamente 1.2 toneladas de oxígeno. Este análisis permite valorar el aporte ecológico de cada área en términos de captura de carbono, generación de oxígeno y eficiencia fotosintética, lo cual fortalece la evaluación de la sostenibilidad ambiental del parque.

Cuadro 18

Biomasa y oxígeno generado por compartimentos del Parque Etnobotánico

Compartimento	Área (ha)	NPP (t MS/ha·año)	Biomasa total (t MS/año)	O ₂ generado (t/año)	Fuente del cálculo O ₂
Zona de colección etnobotánica	8	14	112	134.4	FAO, 2017; Larcher, 2003

Reservorios, senderos y áreas recreativas	3	4	12	14.4	FAO, 2017; Larcher, 2003
Zona de interpretación cultural y educativa e infraestructura básica comunal	1	3	3	3.6	FAO, 2017; Larcher, 2003
Zona de investigación y monitoreo (estación meteorológica)	0.5	5	2.5	3	FAO, 2017; Larcher, 2003
Investigación y laboratorios	1.5	9	13.5	16.2	FAO, 2017; Larcher, 2003
Vivero forestal y de plantas medicinales	4	12	48	57.6	FAO, 2017; Larcher, 2003
Servicios al visitante	1	3	3	3.6	FAO, 2017; Larcher, 2003
Espacios comunitarios	1	4	4	4.8	FAO, 2017; Larcher, 2003
Áreas verdes y bosque natural	5	12	60	72	FAO, 2017; Larcher, 2003
Cancha de fútbol (césped)	1	5	5	6	FAO, 2017; Larcher, 2003
Circuito de ciclismo	0.5	4	2	2.4	FAO, 2017; Larcher, 2003
Anfiteatro artístico	0.3	3	0.9	1.08	FAO, 2017; Larcher, 2003
Obelisco central	0.1	0	0	0	—
Pirámides truncas (4)	0.3	2	0.6	0.72	FAO, 2017; Larcher, 2003
Total general	27.7	—	266.1	319.32	—

La estimación del oxígeno se basa en el supuesto de que 1 tonelada de biomasa seca produce aproximadamente 1.2 toneladas de oxígeno (45% de carbono, 32/12 g/mol de O₂ liberado por C). Los datos de NPP por tipo de área fueron ajustados según el uso del suelo y el tipo de vegetación dominante en cada compartimento del parque. Fuente: Elaboración propia basada en cálculos de eficiencia fotosintética y productividad primaria neta (NPP), con apoyo en datos de FAO (2017), Larcher (2003) y estimaciones ecológicas estándar para ecosistemas altoandinos 4923.035

La estimación de oxígeno generado por cada compartimento (en este caso para colecciones vegetales), se basó en el siguiente procedimiento:

Datos iniciales:

Área: 8 ha

NPP (productividad primaria neta): 14 t MS/ha·año

Biomasa total anual:

$$8 \text{ ha} \times 14 \text{ t/ha/año} = 112 \text{ t MS/año}$$

Cálculo del oxígeno generado

Según fuentes científicas (FAO, 2017; Larcher, 2003):

1 tonelada de biomasa seca (MS) $\rightarrow$ $\approx$ 1.2 toneladas de O₂

Entonces:

$$112 \text{ t MS/año} \times 1.2 = 134.42 \text{ t O}_2/\text{año}$$

Por lo tanto, la eficiencia fotosintética del parque etnobotánico resulta 0.47, según el siguiente procedimiento:

Datos:

Biomasa total producida: 266.1 t MS/año = 266,100 kg

Contenido energético de la biomasa seca: 18.5 MJ/kg (Según FAO, 2017)

Área verde del parque: 21 ha = 210,000 m² (Área total del parque 25ha)

Radiación solar incidente anual: 5,000 MJ/m²·año (Según datos de SENAMHI)

Cálculo de la energía solar total recibida

$$E_{\text{solar}} = 210,000 \text{ m}^2 \times 5,000 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{año} = 1,050,000,000 \text{ MJ/año}$$

Cálculo de la energía almacenada en biomasa

$$E_{\text{almacenada}} = 266,100 \text{ kg} \times 18.5 \text{ MJ/kg} = 4,923,850 \text{ MJ/año.}$$

Cálculo de la eficiencia fotosintética global (EFG)

$$EFG = \left[\frac{4,923,850 \text{ MJ/año}}{1,050,000,000 \text{ MJ/año}} \right] \times 100 = \approx 0.47\%$$

La eficiencia fotosintética del parque etnobotánico de Ihuari en relación a un ecosistema natural de climas y altitudes similares, es 0.47, ya que la máxima eficiencia fotosintética de zonas áridas y semiáridas de zonas de vida premontano y montano bajo, alcanza en promedio 0.60%. Por lo tanto, en términos relativos y normalizados esto representa una eficiencia de 78%.

Por otro lado, para validar la relación entre la oferta hídrica y la eficiencia fotosintética en el parque etnobotánico de Ihuari, se recopiló la opinión de dos grupos clave: la población local encuestada y un grupo de expertos en el tema.

Mediante una escala de Likert (de 1 a 5), se evaluó el grado de influencia que tiene la oferta hídrica (valoración de 1 a 3) sobre la eficiencia fotosintética de las especies vegetales del parque.

La siguiente tabla (Cuadro 19) presenta los resultados, mostrando el porcentaje de aprobación basado en las respuestas que indican una alta influencia (valores 4 y 5), evidenciando así el respaldo social y técnico de esta relación que nuestra la influencia determinante de la oferta hídrica en la eficiencia fotosintética del parque etnobotánico.

Cuadro 19

Grado de influencia de la oferta hídrica en la eficiencia fotosintética

Grupo consultado	Total	Consideran que la oferta hídrica tiene alta influencia en la eficiencia fotosintética (valores 4 y 5)	Porcentaje de aprobación (%)
Población encuestada	120	104	86.67 %
Expertos consultados	10	10	100.00 %
Total general	130	114	87.69 % (promedio ponderado)

Nota: La tabla muestra la proporción de personas encuestadas y expertos que consideran que la oferta hídrica de 1.601 l/s tiene una alta influencia en la eficiencia fotosintética de las especies del parque etnobotánico de Ihuari. Fuente: Elaboración propia con base en encuesta a población (n=120) y consulta a expertos (n=10), 2024

Los resultados evidencian una amplia percepción de influencia positiva de la oferta hídrica sobre los procesos fotosintéticos en el parque. El 87.69 % de aprobación total, incluyendo el 100 % de los expertos, respalda técnicamente esta relación, lo que refuerza la pertinencia de considerar la oferta hídrica como un factor determinante en el diseño y manejo sostenible del ecosistema evaluado.

En la misma perspectiva, los resultados inferenciales en relación a la oferta hídrica y la eficiencia fotosintética, muestran también un resultado de alta correlación (Cuadro 20).

Cuadro 20

Correlación Spearman Rho entre la oferta hídrica y la eficiencia fotosintética

			Oferta_hidricaV1	Eficiencia_fotosinteticaV2 d1a
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coefficiente de correlación	1,000	,762**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Eficiencia_fotosinteticaV2a1	Coefficiente de correlación	,762**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Se aplicó la prueba de correlación de Spearman porque los datos no muestran distribución paramétrica al analizar la relación entre la oferta hídrica y la eficiencia fotosintética en una muestra de 130 observaciones. El resultado muestra una correlación positiva fuerte y estadísticamente significativa ($\rho = 0.762$, $p < 0.001$). Esto indica que, en general, a mayores niveles de oferta hídrica, también se observan mayores niveles de eficiencia fotosintética. Esta asociación sugiere una relación funcional entre ambas variables.

Así mismo, también se verificó estadísticamente la importancia que tiene la eficiencia fotosintética en la sostenibilidad ambiental del parque (Cuadro 21). Un alto grado de eficiencia fotosintética asegura que las especies vegetales puedan desarrollarse vigorosamente, mejorar la calidad del aire, conservar el suelo y mantener la biodiversidad local.

Cuadro 21

Correlación de Spearman entre la eficiencia fotosintética y la sostenibilidad ambiental.

			Eficiencia_fotos inteticaV2d1a	Sostenibilidad_a mbientalV2d1
Rho de Spearman	Eficiencia_fotosinteticaV 2a1	Coefficiente de correlación	1,000	.887**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Sostenibilidad_ambien taIV2	Coefficiente de correlación	.887**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Los coeficientes de correlación de Spearman indican una relación fuerte y positiva entre la eficiencia fotosintética y la sostenibilidad ambiental en el parque etnobotánico ($Rho = 0.887$, $p < 0.01$). Esto significa que a medida que aumenta la eficiencia fotosintética de las plantas, también mejora la sostenibilidad ambiental del parque.

Por lo tanto, el peso de la eficiencia fotosintética en la sostenibilidad ambiental resulta: 0.887

Calidad paisajística

La calidad paisajística de un parque etnobotánico con el de Ihuari, en el marco de la sostenibilidad ambiental, implica integrar armoniosamente la vegetación nativa, elementos culturales y procesos ecológicos, promoviendo biodiversidad y uso eficiente de recursos como el agua.

En este contexto, la disponibilidad hídrica de los 9 manantiales es un factor clave para mantener la calidad paisajística del parque. Considerando un almacenamiento nocturno de 8 horas con un caudal constante de 1.601 l/s, se acumulan 46.1 m³ antes de las 6 a.m., más 57.6 m³ durante 10 horas de flujo diurno, sumando 103.7 m³ diarios y 726 m³ semanales. Este volumen permite irrigar rotativamente el 50% del parque (12.5 ha), incluso con alta demanda hídrica (5 L/m²/semana).

Así, la oferta hídrica asegura la sostenibilidad del parque, manteniendo su cobertura vegetal y calidad paisajística sin comprometer la eficiencia del agua, apoyando el desarrollo sostenible en Ihuari (Cuadro 22).

Cuadro 22
Disponibilidad hídrica diaria y semanal para riego rotativo en el parque etnobotánico

Parámetro	Valor / Descripción
Caudal constante	1.601 l/s
Volumen almacenado nocturno (8 h)	46.1 m³ (antes de las 6 a.m.)
Volumen durante flujo diurno (10 h)	57.6 m³
Volumen total diario disponible	103.7 m³
Volumen total semanal disponible	726 m³
Área total del parque etnobotánico	25 ha
Área regada semanalmente (50% del parque)	12.5 ha
Demanda hídrica alta estimada	5 L/m²/semana
Adecuación hídrica para riego rotativo	Volumen disponible suficiente para cubrir alta demanda en 12.5 ha

Nota: La combinación de almacenamiento nocturno y flujo diurno garantiza un volumen hídrico adecuado para el riego rotativo del parque, optimizando el uso del recurso y favoreciendo la sostenibilidad ambiental. Fuente: Elaboración propia basada en mediciones de caudal y demanda hídrica estimada para la comunidad campesina de Ihuari (2024).

Por otro lado, el uso de sistemas de riego tecnificado, como el riego por goteo, permite una aplicación precisa y eficiente del agua directamente en la zona radicular de las plantas, reduciendo pérdidas por evaporación, escurrimiento y filtración profunda (Jones, 2004). Según Allen et al. (1998), estos sistemas pueden alcanzar eficiencias superiores al 85-90%, lo que representa un ahorro significativo de agua en comparación con métodos tradicionales.

En el contexto del parque etnobotánico de Ihuari, considerando un volumen semanal disponible de 726 m³ y una demanda hídrica ajustada por eficiencia del 90%, es factible ampliar el área regada desde 12.5 ha hasta aproximadamente 16.1 ha, lo que corresponde a un incremento de cerca de 3.6 ha. Este incremento es fundamental para mejorar la calidad paisajística, biodiversidad y sostenibilidad ambiental del parque, optimizando el recurso hídrico limitado.

Así mismo la incorporación estratégica de plantas xerófitas junto con un sistema de riego tecnificado podría ampliar la superficie verde del parque sin incrementar significativamente la demanda hídrica (Cuadro 23)

Cuadro 23

Eficiencia hídrica de las plantas xerófitas y porcentaje de área cubierta

Parámetro	Valor / Descripción
Uso de plantas xerófitas	Reduce demanda hídrica a < 200 m ³ /ha/semana
% de área cubierta con riego eficiente	80-85% del total de 25 ha

Nota. La selección de especies adaptadas a condiciones semiáridas contribuye a la disminución significativa del volumen de agua requerido para riego. Fuente. Elaboración propia con base en datos de campo y literatura especializada.

El resultado es que se puede mantener una cobertura vegetal saludable en aproximadamente el 80-85% del área total del parque, lo cual mejora la calidad paisajística y contribuye a la conservación de la biodiversidad y a la percepción positiva de la comunidad local (Figura 29).

Figura 29

Impacto visual de la calidad paisajística



Nota. El punto de observación en un parque etnobotánico de Ihuari es crucial para la valoración paisajística integral.

La calidad paisajística del parque, mejora los servicios ambientales, impulsa el turismo sostenible y el desarrollo socioeconómico de la comunidad, promoviendo educación e investigación. Mantener esta calidad es fundamental para la resiliencia ecológica y adaptación frente al cambio climático. En ese sentido, en la siguiente tabla se tiene la valoración específica del impacto ambiental y social de la calidad paisajística del parque por parte de los 10 expertos consultados (Cuadro 24)

Cuadro 24

Valoración de la calidad paisajística del parque etnobotánico de Ihuari (n=10)

Dimensión	Indicador	Pregunta	Promedio de Respuestas (1-5)	Interpretación del Promedio
Expectativa visual	Mejora de la belleza del paisaje	¿Qué tan positivo cree que será el impacto visual del parque en el paisaje de la zona?	4.2	Positivo impacto visual

	Armonía con el entorno	¿Cree que el parque se integrará armónicamente con el paisaje natural y cultural andino?	4.5	Alta integración con el entorno
Vegetación y biodiversidad esperada	Incremento de vegetación y áreas verdes	¿Cree que el parque contribuirá a aumentar las áreas verdes y la vegetación nativa local?	4.6	Muy positivo, fuerte contribución
	Presencia de plantas útiles y tradicionales	¿Qué tan importante considera que es incluir plantas medicinales, agrícolas y otras útiles?	4.7	Muy importante, alto valor cultural
Identidad y cultura	Reflejo de identidad cultural andina	¿Cree que el parque debería reflejar las costumbres, saberes y símbolos culturales andinos?	4.3	Alta importancia cultural
	Espacio para actividades comunitarias	¿Cree que el parque puede servir como un lugar para encuentros, eventos y actividades comunitarias?	4.4	Muy adecuado para la comunidad
Valor simbólico	Sentido de pertenencia	¿Piensa que el parque puede fortalecer el vínculo emocional de la comunidad con su entorno natural?	4.5	Fuerte vínculo emocional esperado
	Orgullo paisajístico	¿Cree que el parque puede convertirse en un motivo de orgullo para la comunidad local?	4.6	Alta expectativa de orgullo

Nota: La tabla muestra la valoración específica del parque por los 10 consultados (puntuación =35.8). Las respuestas fueron analizadas en una escala de 1 a 5 (40 puntuación perfecta), reflejando percepciones positivas y negativas del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior, la valoración porcentual promedio resulta 89.5 % la cual refleja una percepción altamente favorable de los expertos sobre el impacto del parque etnobotánico de Ihuari. Este resultado indica que, en conjunto, los aspectos visuales, ecológicos, culturales y simbólicos del proyecto son considerados muy positivos, con expectativas claras de mejora paisajística, fortalecimiento cultural y beneficios sociales para la comunidad local. Por tanto, el parque cuenta con un sólido respaldo técnico para su desarrollo sostenible y conservación ambiental

Finalmente, para la evaluación del impacto de la oferta hídrica sobre la calidad paisajística del parque etnobotánico de Ihuari se realizó integrando información técnica con la percepción social, basada en la consulta a 10 expertos y una encuesta aplicada a 120 comuneros, obteniéndose los siguientes resultados (Cuadro 25)

Cuadro 25

Grado de influencia de la oferta hídrica en la calidad paisajística

Grupo consultado	Total	Consideran que la oferta hídrica tiene alto impacto en la calidad paisajística (valores 4 y 5)	Porcentaje de aprobación (%)
Población encuestada	120	91	75.83%
Expertos consultados	10	10	100.00%
Total general	130	101	84.77 % (promedio ponderado)

Nota: La tabla muestra la proporción de personas encuestadas y expertos que consideran que la oferta hídrica de 1.601 l/s tiene una alta influencia en la configuración de la calidad paisajística del parque etnobotánico de Ihuari (84.77%). Fuente: Elaboración propia con base en encuesta a población (n=120) y consulta a expertos (n=10), 2024

La tabla muestra que el 75.83 % de la población encuestada reconoce una alta influencia de la oferta hídrica en la calidad paisajística del Parque Etnobotánico de Ihuari, mientras que todos los expertos (100 %) coinciden en esta percepción. El porcentaje ponderado general del 84.77 % refleja un respaldo sólido tanto social como técnico, subrayando la importancia de los recursos hídricos en el planeamiento de proyectos ambientales como el parque etnobotánico.

Así mismo también se aplicó la prueba de correlación de Spearman Rho, para verificar el grado de correlación entre la oferta hídrica y la calidad paisajística, obteniendo el siguiente resultado (Cuadro 26)

Cuadro 26

Correlación Spearman Rho, entre la oferta hídrica y la calidad paisajística

			Oferta_hidricaV1	Calidad_paisajisticaV2d1b
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coefficiente de correlación	1,000	.805
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Calidad_paisajisticaV2a2	Coefficiente de correlación	.805	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Se aplicó la prueba de correlación de Spearman para examinar la relación entre la oferta hídrica y la calidad paisajística en una muestra de 130 observaciones. El análisis arrojó una correlación positiva muy fuerte y estadísticamente significativa ($\rho = 0.805$, $p < 0.001$). Esto indica que, a medida que aumenta la oferta hídrica, también tiende a mejorar la percepción o el nivel de calidad paisajística. Aunque la asociación es fuerte, no implica una relación causal directa.

Por otro lado, también se evaluó estadísticamente la correlación entre calidad paisajística y la sostenibilidad ambiental, tal como se muestra en la siguiente tabla (Cuadro 27)

Cuadro 27

Correlación de Spearman entre la calidad paisajística y la sostenibilidad ambiental

			Calidad_paisajisticaV2d1b	Sostenibilidad_ambientalV2d1
Rho de Spearman	Calidad_paisajisticaV2b2	Coefficiente de correlación	1,000	.900**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Sostenibilidad_ambientalV2	Coefficiente de correlación	.900**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Los coeficientes de correlación de Spearman indican una relación fuerte y positiva entre la calidad paisajística y la sostenibilidad ambiental en el parque etnobotánico ($Rho = 0.900$, $p < 0.01$). Esto significa que a medida que aumenta la calidad paisajística del parque, también mejora la sostenibilidad ambiental del parque.

Por lo tanto, el peso de la calidad paisajística en la sostenibilidad ambiental es 0.900.

Equilibrio ecológico

El equilibrio ecológico se refiere a un estado dinámico de estabilidad dentro de un ecosistema, en el cual las interacciones entre organismos y su ambiente permiten la regulación natural de poblaciones, la circulación de nutrientes y la resiliencia frente a perturbaciones externas (Odum, 2006).

En ecosistemas como el parque etnobotánico de Ihuari, ubicado en una zona altoandina, el equilibrio ecológico es fundamental para dar soporte la sostenibilidad ambiental (Tilman et al., 2014). Mediante la microaspersión se puede mejorar el equilibrio ecológico del parque etnobotánico ya que permite mantener altos niveles del uso eficiente del agua, mayor expansión de áreas verdes, más biodiversidad y un mejor control del agua (Figura 30).

Figura 30

Tecnificación del uso de agua por aspersión para mejorar el equilibrio ecológico



Nota. El sistema de microaspersión en Ihuari utiliza emisores de bajo caudal que distribuyen agua como lluvia fina, evitando erosión en pendientes.
<https://depositphotos.com/es/photos/riego-de-pasto.html>

La cuantificación del equilibrio ecológico en el parque etnobotánico de Ihuari se estimó mediante la integración armónica entre el sistema hídrico tecnificado con infraestructura distribuida estratégicamente, relacionado con la Eficiencia del Uso del Agua (EUA), la Cobertura Vegetal Efectiva (CVE) y la Producción Estimada de Oxígeno (PEO).

Índice de Cobertura Vegetal Efectiva (CVE)

Se cálculo con la siguiente ecuación, relacionando los siguientes datos: Área verde activa: 21 ha y área total del parque: 25 ha

$$CVE = \left(\frac{\text{Área verde activa (ha)}}{\text{Área total del parque (ha)}} \right) \times 100$$

Reemplazando se tiene:

$$CVE = \left(\frac{21ha}{25ha} \right) \times 100$$

Por lo tanto:

$$CVE = 84\%$$

Mantener un área activa de vegetación en el 84 % del parque es vital para asegurar una alta producción de biomasa y oxígeno, esenciales para la calidad del aire y la captura de carbono. Esta cobertura favorece la biodiversidad, protege el suelo, regula el microclima y mantiene el equilibrio hídrico, fortaleciendo la resiliencia del ecosistema ante cambios ambientales. Así, garantiza la sostenibilidad ambiental del parque, aportando beneficios ecológicos, sociales y climáticos para la comunidad y la naturaleza.

Eficiencia de Uso del Agua (EUA)

La eficiencia del uso del agua se calculó considerando la proporción del agua realmente utilizada por las plantas en relación con el total de agua disponible, según la siguiente ecuación:

$$EUA = \left(\frac{\text{Demanda hídrica efectiva}}{\text{Oferta hídrica disponible}} \right) \times 100$$

Oferta hídrica diaria:

$$1.601 \text{ l/s} \times 86,400 \text{ s/día} = 138,326.4 \text{ l/día} \approx 138.33 \text{ m}^3/\text{día}$$

Demanda hídrica efectiva diaria (ajustada por eficiencia del sistema):

Riego diario real: 1.5 ha/día (de 10.5 ha semanales)

Necesidad de agua: 4.5 mm/día = 45 m³/ha/día

Total, sin eficiencia:

$$1.5 \text{ ha} \times 45 = 67.5 \text{ m}^3/\text{día}$$

Ajustado a 90 % eficiencia:

$$\text{Demanda efectiva} = \left(\frac{67.5}{0.9} \right) \times 100 = 75.0 \text{ m}^3/\text{día}$$

Entonces se tiene:

$$EUA = \left(\frac{75.0}{138.33} \right) \times 100$$

Por lo tanto:

$$EUA = 54.2\%$$

La Eficiencia de Uso del Agua (EUA) igual a 54.2% del total de agua disponible para riego, significa que solo un 54.2% se utiliza efectivamente para satisfacer la demanda hídrica real de las plantas. Refleja que hay margen para mejorar la gestión y tecnificación del riego, optimizando el uso del recurso hídrico para aumentar la sostenibilidad del parque.

La oferta hídrica constante de 1,601 l/s (138.33 m³/día) en el parque etnobotánico de Ihuari garantiza un suministro estable y suficiente para el riego de las 21 ha de área verde activa. El sistema de riego tecnificado, que opera por sectores rotativos de

12.5 ha cada semana, optimiza el uso del agua, reduciendo la demanda efectiva a aproximadamente 75 m³/día. Esta estrategia genera un superávit hídrico que asegura la disponibilidad continua incluso en condiciones climáticas variables. La eficiencia técnica del sistema, superior al 90%, y el almacenamiento nocturno en reservorios minimizan pérdidas y mejoran la gestión del recurso. Así, el parque mantiene un equilibrio ecológico sostenible, promoviendo la producción de biomasa y oxígeno sin comprometer el recurso hídrico.

Definitivamente, la oferta hídrica es determinante para el equilibrio ecológico del parque, ya que mantiene la vegetación saludable, la producción de oxígeno y la biodiversidad. Ese nivel de impacto del agua en el equilibrio ecológico se valida con la encuesta a 120 personas y con la opinión técnica de 10 expertos, dando el siguiente resultado (Cuadro 28)

Cuadro 28

Grado de influencia de la oferta hídrica en el equilibrio ecológico

Grupo consultado	Total	Consideran que la oferta hídrica es suficiente para mantener el equilibrio ecológico	Porcentaje de aprobación (%)
Población encuestada	120	108	90.00 %
Expertos consultados	10	10	100.00 %
Total, general	130	118	90.77 % (ponderado)

Nota: La tabla muestra el porcentaje de aprobación de la suficiencia de la oferta hídrica en el mantenimiento del equilibrio ecológico del parque, considerando respuestas con valores 4 y 5 en una escala de validación (1 a 5). Se encuestó a 120 personas de la comunidad y se consultó a 10 expertos. Elaboración propia con base en encuestas ciudadanas y consulta a expertos realizadas en 2024.

La tabla demuestra un alto nivel de aceptación de la sostenibilidad de la oferta hídrica en el mantenimiento del equilibrio ecológico del parque. El 90.77 % de los encuestados y expertos consideran que el diseño y la infraestructura, especialmente en lo relativo a la oferta hídrica (1.601 l/s), cumplen con criterios sostenibles. El 100 % de los expertos valida técnicamente la propuesta, mientras que el 90 % de la población encuestada la respalda socialmente. Esto evidencia una convergencia

entre percepción técnica y social, fortaleciendo la viabilidad y legitimidad del proyecto ecológico del parque.

Por otro lado, la prueba inferencial, permitió establecer el nivel de correlación entre la oferta hídrica y el equilibrio ecológico. Los resultados obtenidos a través del coeficiente de correlación de Spearman evidencian una relación positiva y estadísticamente significativa entre la variable Oferta Hídrica (V1) y el Equilibrio Ecológico (V2a3). El valor del coeficiente ($p = 0.707$) indica una correlación positiva fuerte, lo cual indica que a medida que aumenta la disponibilidad del recurso hídrico en el parque etnobotánico, también tienden a mejorar las condiciones relacionadas con el equilibrio ecológico del mismo (Cuadro 29).

Cuadro 29

Grado de correlación de Spearman entre oferta hídrica y el equilibrio ecológico

			Oferta_hidricaV1	Equilibrio_ecologicoV2d1c
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coeficiente de correlación	1,000	.707**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Equilibrio_ecologicoV2a3	Coeficiente de correlación	.707**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Asimismo, el valor de significancia bilateral ($p = 0.000$) indica que esta correlación es estadísticamente significativa al nivel del 1% ($p < 0.01$), lo cual refuerza la validez del hallazgo.

Con una muestra de 130 observaciones, estos resultados permiten sostener que la oferta hídrica en el parque etnobotánico de Ihuari no solo es relevante, sino que se asocia de manera directa con el equilibrio ecológico percibido en dicho entorno, apoyando la hipótesis de que una adecuada gestión del recurso hídrico contribuye al sostenimiento ecológico del área.

En relación al peso que tiene el equilibrio ecológico en la sostenibilidad ambiental, se tiene el siguiente resultado inferencial (Cuadro 30)

Cuadro 30

Grado de correlación de Spearman entre el equilibrio ecológico y la sostenibilidad ambiental

		Equilibrio_ecologicoV2 d1c	Sostenibilidad_am bientalV2d1
Rho de Spearman	Equilibrio_ecologicoV2a3	1,000	.720**
	Coeficiente de correlación		
	Sig. (bilateral)	.	,000
	N	130	130
	Sostenibilidad_ambientalV2d	.720**	1,000
	Coeficiente de correlación		
1	Sig. (bilateral)	,000	.
	N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La prueba de correlación de Spearman muestra una relación positiva fuerte ($\rho = 0,720$) entre equilibrio ecológico y sostenibilidad ambiental, con significancia estadística ($p = 0,000 < 0,01$). Esto indica que a mayor equilibrio ecológico, mayor sostenibilidad ambiental, y viceversa. La correlación es altamente confiable dado el tamaño de muestra ($N = 130$) y el nivel de confianza del 99%. En conclusión, ambas variables se encuentran estrechamente asociadas en el contexto analizado.

La magnitud de la correlación (0.720) se considera fuerte, lo que sugiere que el equilibrio ecológico tiene un peso importante en la sostenibilidad ambiental del parque.

Por lo tanto, la sostenibilidad ambiental, de acuerdo a la ecuación ponderada multiplicativa, resulta:

$$Sa = EF^{0.50} \times CP^{0.20} \times EE^{0.30}$$

$$Sa = 0.887^{0.50} \times 0.900^{0.20} \times 0.720^{0.30}$$

$$Sa = 0.941 \times 0.979 \times 0.899$$

Por lo tanto:

$$Sa \approx 0.803$$

Correlación entre oferta hídrica y sostenibilidad ambiental

Prueba descriptiva

El grado de sostenibilidad ambiental del parque es 0.828, indicando un nivel alto de sostenibilidad basado en los indicadores evaluados. Esto refleja que la eficiencia fotosintética, la calidad paisajística y el equilibrio ecológico contribuyen positivamente, con mayor peso en la eficiencia fotosintética. En conjunto, el parque mantiene condiciones ambientales favorables para su conservación a largo plazo.

Por otro lado, en el análisis de la percepción sobre la influencia de la oferta hídrica en la sostenibilidad ambiental del parque etnobotánico de la comunidad campesina de Ihuari, se aplicaron dos encuestas diferenciadas. La primera, dirigida a 10 expertos ($n=10$), arrojó una valoración promedio de 90%, lo que refleja un consenso técnico elevado respecto al rol estratégico del agua en un contexto de clima semiárido. La segunda, aplicada a 120 pobladores ($n=120$), registró una valoración ligeramente menor de 87,5%, evidenciando también un alto reconocimiento comunitario.

$$\text{Promedio ponderado} = \frac{(10 \times 0.9) + (120 \times 0.875)}{130} \times 100 = 87.70\%$$

Al calcular el promedio ponderado de ambas valoraciones, considerando el peso proporcional de cada grupo, se obtuvo un resultado de 87,7%, lo que confirma una percepción general altamente positiva sobre la importancia de la oferta hídrica en el marco del desarrollo sostenible de la comunidad.

Prueba inferencial

Haciendo el análisis inferencial el resultado final de la correlación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad ambiental, resulta (Cuadro 31)

Cuadro 31

Correlación entre oferta hídrica y sostenibilidad ambiental

			Oferta_hidricaV1	Sostenibilidad_ambientalV2d1
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coeficiente de correlación	1,000	,803**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Sostenibilidad_ambientalV2d1	Coeficiente de correlación	,803**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación de Spearman entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad ambiental (V2d1) es de 0,803, lo que indica una relación positiva fuerte: a mayor disponibilidad de agua, mayor sostenibilidad ambiental. El valor de $p = 0,000$ ($< 0,01$) confirma que la asociación es estadísticamente significativa. El tamaño de la muestra es 130 casos, lo que refuerza la solidez del resultado. En conclusión, la oferta hídrica influye de manera directa y consistente en la sostenibilidad ambiental.

Sostenibilidad económica

La sostenibilidad económica (Se), se determinó con la siguiente ecuación ponderada multiplicativa:

$$Se = I_1^{w1} \times I_2^{w2} \times I_3^{w3}$$

Donde:

Se: Sostenibilidad económica:

I₁: Indicador 1 (Infraestructura sostenible)

I₂: Indicador 2 (Horticultura sostenible)

I₃: Indicador 3 (Turismo sostenible)

Además:

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1$$

$$W_1 = 0.50$$

$$W_2 = 0.25$$

$$W_3 = 0.25$$

Infraestructura sostenible

El diseño de la infraestructura sostenible para sostener el parque etnobotánico, está basado en un caudal de diseño de 1.601 litros por segundo (l/s), estimado a partir de la oferta hídrica de los manantiales.

La construcción de infraestructura sostenible en el parque etnobotánico de Ihuari se centra principalmente en el diseño hidráulico (infraestructura hidráulica), lo que permitirá aprovechar eficientemente la oferta hídrica constante de 1.601 l/s proveniente de los 9 manantiales. Mediante el almacenamiento nocturno en reservorios y la distribución tecnificada por sectores, se asegura el riego rotativo de 25 hectáreas, reduciendo pérdidas y adaptándose al cambio climático. Esta infraestructura no solo optimiza el uso del agua, sino que impulsa la economía local al ser una muestra de productividad agrícola. Así, el parque se convierte en un modelo de desarrollo sostenible que integra conservación, tecnología y cultura, mejorando la resiliencia hídrica y económica de la comunidad (Figura 31).

Figura 31

Sistema hidráulico de riego tecnificado por aspersión

Nota. La infraestructura hidráulica subyacente en un parque etnobotánico es fundamental para garantizar su sostenibilidad ambiental y funcional. A partir del esquema presentado, se puede observar un sistema de riego estructurado que incluye captación, conducción, distribución, almacenamiento y aplicación del agua.

La captación de agua renovable, combinada con conducción eficiente, almacenamiento en reservorios y riego preciso por mangueras y aspersores, asegura suministro sostenible, minimiza desperdicios y atiende las necesidades específicas de cada especie, fortaleciendo la resiliencia hídrica y la conservación botánica en el parque etnobotánico.

En el contexto global, la infraestructura hidráulica que conecta los nueve manantiales con el parque etnobotánico está organizada de la siguiente manera (Cuadro 32)

Cuadro 32

Descripción técnica de los componentes hidráulicos principales

Componente	Descripción Técnica	Caudal Requerido (l/s)	Fuente de Abastecimiento
Captación en manantial	Cámara de captación con sedimentador	1.7	Manantiales naturales
Línea de conducción	Tubería de PVC/HDPE – 3 km aprox.	1.6	Sistema por gravedad
Tanque elevado de presión	Tanque amortiguador para regular presión	1.6	Desde línea de conducción
Reservorio regulador principal	Reservorio rectangular de 46 m ³ (8 h)	1.6	Desde tanque elevado
Reservorios circulares secundarios	4 reservorios de 9 m ³ (6 h)	1.6	Desde reservorio regulador
Sistema de riego tecnificado	Riego por aspersión/goteo para 25 ha	3.2	Con presión regulada

Nota. La tabla presenta los principales componentes técnicos del sistema hidráulico diseñado para captar y distribuir agua desde nueve manantiales hacia un parque etnobotánico de 25 hectáreas, especificando caudales y fuentes de abastecimiento. Fuente: Elaboración propia basada en la estimación de la oferta hídrica de manantiales y diseño técnico del sistema de riego, 2024.

La siguiente tabla (Cuadro 33), describe los componentes principales de la infraestructura hidráulica sostenible diseñada para garantizar el abastecimiento, almacenamiento y distribución eficiente del caudal hídrico constante de 1.601 l/s dentro del parque etnobotánico comunal.

Cuadro 33

Infraestructura hidráulica y complementarios del parque etnobotánico

N.º	Infraestructura	Cantidad / Tamaño	Función principal	Características sostenibles
1	Canal de ingreso o línea de conducción principal	1 línea – Ø adecuado a 1.601 l/s	Transportar el caudal desde la fuente hacia el reservorio rectangular	Canal de gravedad o tubería PEAD; protegido contra erosión; con válvulas de corte y caja de sedimentación
2	Reservorio rectangular (almacenamiento nocturno)	1 reservorio – ~46.2 m³	Almacenar agua entre 6:00 p.m. y 2:00 a.m. (8 horas a 1.601 l/s)	Recubierto con geomembrana o concreto; cosecha de agua nocturna; cubierto parcial para evitar evaporación
3	Reservorios circulares (apoyo transitorio)	4 reservorios circulares de 9 m³ c/u	Almacenamiento complementario entre 2:00 a.m. y 8:00 a.m. (6 horas)	Circulares prefabricadas o de mampostería; con válvulas de salida y sensores de nivel
4	Sistema de distribución primaria (derivación)	1 red principal	Distribuir agua desde reservorios al sistema de riego	Tuberías enterradas con derivaciones y válvulas de apertura por sectores; uso de gravedad y presión balanceada
5	Sistema de riego tecnificado por sectores	2 sectores de 12.5 ha (25 ha total)	Riego rotativo cada 7 días, durante 10 horas/día (3.202 l/s dividido en dos bloques)	Riego por aspersión o goteo; sectorizado con válvulas manuales/automatizadas; eficiencia >90%
6	Tanques de presión intermedios	1-2 tanques (dependiendo del relieve)	Generar presión adecuada en zonas alejadas del reservorio	Tanques plásticos elevados; se llenan por gravedad o bombeo nocturno con energía solar
7	Sistema de monitoreo de caudal y consumo	1 sistema centralizado	Controlar el uso de agua y optimizar riego	Sensores de caudal, presión y humedad; sistema de datos con conexión a estación meteorológica
8	Estación meteorológica automatizada	1 estación	Medir lluvia, evapotranspiración, temperatura, viento	Datos en tiempo real para programación del riego; energía solar autónoma
9	Filtros de agua (previo al riego)	1 módulo de filtración	Eliminar partículas y sedimentos del agua antes del riego	Filtros de arena + malla; necesarios para evitar taponamiento en goteo o aspersión
10	Canales de drenaje y recirculación	Canal perimetral y zanj	Drenar y/o reutilizar el exceso de agua, proteger cultivos	Recogen agua excedente y la conducen de vuelta al reservorio o a zonas de recarga
11	Energía renovable para automatización	Paneles solares (según demanda)	Alimentar bombas, sensores, válvulas eléctricas	Reduce consumo energético; respaldo ecológico al sistema

Nota: Cada infraestructura está organizada para operar bajo un esquema de riego tecnificado rotativo, con almacenamiento nocturno en reservorios y distribución diurna. Su diseño considera criterios de eficiencia hídrica, uso de energía renovable y adaptación al entorno local. Fuente: Elaboración propia en base al análisis del caudal disponible, las necesidades de riego por bloques rotativos y las buenas prácticas de infraestructura sostenible para sistemas rurales de pequeña escala

Como se puede observar, la oferta hídrica disponible es el factor determinante y punto de partida en el diseño de la infraestructura hidráulica del parque etnobotánico. El caudal constante de 1.601 l/s proveniente de los nueve manantiales condiciona la capacidad de captación, almacenamiento y distribución del sistema. La infraestructura se adapta a las variaciones del caudal y los requerimientos diarios del parque, asegurando un abastecimiento continuo que impacta directamente en la conservación del ecosistema y el desarrollo económico sostenible de la localidad de Ihuari.

En el Cuadro 34 se presenta la distribución de la infraestructura física sostenible del parque etnobotánico de Ihuari, cuyo diseño también toma en cuenta la pendiente natural del terreno (entre 2766 y 2820 m s.n.m.). En el parque etnobotánico se destina 21 hectáreas para áreas verdes e integración paisajística, y 4 hectáreas para diferentes tipos de infraestructura construida, indicando su área y altitud aproximada.

Cuadro 34

Compartimientos, infraestructura y equipamiento físico del parque etnobotánico.

Infraestructura	Área estimada	Altitud aproximada (msnm)	Ubicación / Posición	Relación con el sistema hidráulico
Reservorio regulador rectangular	46 m ³ (120–150 m ²)	~2820	En el punto más alto, borde superior del parque	Primer punto de almacenamiento; alimentado por línea de conducción desde manantiales
Tanque elevado de presión	~10 m ²	~2815	Justo antes del reservorio, en una plataforma natural elevada	Mejora la presión hacia el reservorio regulador
3 reservorios circulares secundarios	4 × 9 m ³ (≈30 m ² c/u)	~2810	En línea descendente desde	Almacenan flujo nocturno, conectados con válvulas de nivel

			el reservorio rectangular	
Sistema de riego tecnificado (25 ha)	25 ha	2766–2810	Distribuido por sectores en toda el área verde (rotativo 12.5 ha c/u)	Conectado a los reservorios por red primaria y válvulas sectorizadas
Estación meteorológica	25 m ²	~2810	Parte media-alta del parque	Base de datos para el riego y monitoreo climático continuo
Campo de fútbol (área verde)	~0.7 ha	~2785	Parte media-baja, en terreno casi plano	Riego controlado desde red secundaria
Áreas de picnic y descanso (área verde)	~0.5 ha (en 3 puntos)	2770–2790	Dispersas en terrazas naturales	Vegetación nativa; riego mínimo o nulo
Campo de vientos (cometas)	0.25 ha	~2815	En loma superior expuesta al viento	No requiere agua
Zona de calistenia	500 m ²	~2795	Próxima a caminos y ciclovía	Pavimento permeable; sin consumo hídrico
Obelisco central (50 m)	400 m ² (plaza)	~2800	Centro simbólico y geográfico del parque	Jardines con riego por goteo
Anfiteatro	800 m ²	~2780	En terraza natural orientada al este	Drenaje pasivo y jardinería con riego eficiente
Cancha de vóley	450 m ²	~2775	Cerca de la zona comunal	Pavimento semipermeable; riego mínimo
Piscina topológica	600 m ²	~2790	Integrada al paisaje cerca del anfiteatro	Llenado por recirculación, posible captación pluvial
4 pirámides truncas (observatorios)	4 × 100 m ²	~2800–2815	En puntos elevados perimetrales (norte, sur, este, oeste)	Sin consumo hídrico
Ciclovía, rampas y escaleras	1.5 km lineales (~0.6 ha)	2766–2820	A lo largo del parque, uniendo zonas de uso con pendiente	Acompañadas de zanjas drenantes y superficies permeables
Centro de acopio de residuos sólidos	100 m ²	~2770	Cerca del acceso vehicular	Impermeabilizado para evitar infiltraciones
Laguna de oxidación	~400 m ²	~2766	Punto más bajo del parque	Recolecta aguas grises de oficinas y baños secos
Playa de estacionamiento	800 m ² (~40 vehículos)	~2770	Entrada principal del parque	Pavimento permeable; sombra vegetal
Local comunal	250 m ²	~2780	Cerca de la cancha y oficinas	Posible captación de agua lluvia
Oficinas técnicas / administrativas	200 m ²	~2785	Anexo al local comunal	Centro de control del sistema hidráulico y operación del parque

Nota: Cada componente del parque se posiciona según su función, accesibilidad y relación con el sistema hídrico. El diseño garantiza eficiencia en el uso del agua, movilidad ecológica, tratamiento de residuos y servicios básicos, promoviendo un espacio autosostenible con impacto positivo en el

ambiente y la comunidad local. Elaboración propia a partir del diseño técnico del parque, análisis topográfico y estimación de oferta hídrica de los manantiales de Ihuari (2024).

La tabla anterior presenta una descripción técnica de las principales infraestructuras dentro de un parque diseñado con criterios de sostenibilidad, eficiencia hídrica y adaptación topográfica. Cada componente ha sido planificado de acuerdo a su función, ubicación altitudinal y relación con el sistema hidráulico integral, siendo una de las más importantes una estación meteorológica con fines de educación e investigación científica (Figura 32).

Figura 32

Modelo d estación meteorológica para el parque etnobotánico



Nota. Esta estación meteorológica automática, ubicada en una altitud de 2700msnm, mide variables climáticas como temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, precipitación y radiación solar. Equipada con sensores y paneles solares, está protegida por una cerca metálica para garantizar su funcionamiento continuo y precisión en la recolección de datos ambientales esenciales para el monitoreo ecológico del parque etnobotánico y su entorno ambiental. Fuente. Agro Rural Peru.

Para la valoración del grado de impacto de la oferta hídrica, en el diseño y dimensionamiento de la infraestructura sostenible se trabajó con la opinión de 10 expertos y con la encuesta a 120 personas, cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro (Cuadro 35).

Cuadro 35
Grado de influencia de la oferta hídrica en el diseño de infraestructuras sostenibles

Grupo consultado	Total	Consideran que la oferta hídrica es suficiente para el diseño de una infraestructura sostenible	Porcentaje de aprobación (%)
Población encuestada	120	111	92.50 %
Expertos consultados	10	9	90.00 %
Total, general	130	120	92.31 % (promedio ponderado)

Nota: La tabla muestra el porcentaje de encuestados y expertos que consideran suficiente la oferta hídrica (1.601 l/s) para el diseño y dimensionamiento de una infraestructura sostenible en el parque, reflejando aceptación social y respaldo técnico. Fuente: Elaboración propia basada en encuesta y consulta a expertos realizadas en 2024.

La tabla muestra el porcentaje de encuestados y expertos que consideran suficiente la oferta hídrica disponible (1.601 l/s) para el diseño y dimensionamiento de una infraestructura sostenible en el parque. Los datos reflejan una amplia aceptación social y profesional respecto al enfoque hídrico del proyecto, evidenciando su viabilidad. El promedio ponderado de aprobación del 92,31% constituye un indicador clave de viabilidad y aceptación del diseño y dimensionamiento de la infraestructura sostenible del parque. Este valor integra las percepciones tanto de la población encuestada como de los expertos consultados, lo que le otorga validez técnica y social. La misma que se valida mediante el grado de correlación entre la oferta hídrica y la infraestructura sostenible (Cuadro 36).

Cuadro 36

Correlación de Spearman entre la oferta hídrica e infraestructura sostenible

			Oferta_hidricaV1	Infraestructura_sostenibleV2d2a
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coefficiente de correlación	1,000	.796**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Infraestructura_sostenibleV2b1	Coefficiente de correlación	.796**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La oferta hídrica disponible constituye un factor condicionante clave para el diseño y dimensionamiento de la infraestructura sostenible del parque etnobotánico. La correlación positiva fuerte ($\rho = 0.796$; $p < 0.01$) entre la oferta hídrica e infraestructura sostenible confirma que, tanto para la población como para los expertos, la disponibilidad de agua es vista como un elemento estructural en la planificación de una infraestructura sostenible para el parque.

Por otro lado, también se determinó el grado de correlación (Cuadro 37) entre la infraestructura sostenible en la sostenibilidad económica del parque. La infraestructura sostenible es determinante para el funcionamiento del parque ya que optimiza el uso del agua.

Cuadro 37

Correlación de Spearman entre infraestructura sostenible y sostenibilidad económica.

			Infraestructura_sostenibleV2d2a	Sostenibilidad_economicaV2d2
Rho de Spearman	Infraestructura_sostenibleV2b1	Coefficiente de correlación	1,000	.811**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
		Coefficiente de correlación	.811**	1,000

	Sostenibilidad económica	Sig. (bilateral)	,000	.
	N		130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación de Spearman entre Infraestructura sostenible (V2d2a) y Sostenibilidad económica (V2d2) muestra un coeficiente de 0,811, lo que indica una relación positiva fuerte y significativa ($p < 0,01$). Esto significa que, a mayor nivel de infraestructura sostenible, mayor será la sostenibilidad económica en el contexto estudiado. Con $N = 130$, el tamaño de la muestra respalda la solidez del análisis. En conclusión, la infraestructura sostenible contribuye significativamente al fortalecimiento económico desde una perspectiva sostenible.

Horticultura sostenible

La horticultura desarrollada en el parque etnobotánico de Ihuari representa una actividad clave para la conservación de especies vegetales nativas, el rescate de saberes ancestrales y la promoción de la sostenibilidad agrícola. En ese sentido su dimensionamiento y funcionamiento está determinado por un caudal recurrente de 1.601 litros por segundo (l/s).

La sostenibilidad de la horticultura en el parque etnobotánico no solo depende del manejo eficiente del recurso hídrico, sino también de una adecuada selección de especies vegetales adaptadas al entorno natural. Por eso mismo, se priorizó el uso de plantas nativas de la serranía esteparia peruana, caracterizadas por su capacidad de adaptación a altitudes entre los 2,000 y 3,800 metros sobre el nivel del mar, su bajo requerimiento hídrico, y su valor ornamental, ecológico y cultural (Figura 33).

Figura 33

Plantas nativas de la ecorregión serranía esteparia para el parque etnobotánico



Nota. El queñoal y la yareta, adaptadas a zonas altoandinas son ideales para un parque etnobotánico como el de Ihuari: resistentes al frío, regulan agua, protegen el suelo, y poseen valor cultural y ecológico. Su conservación educa sobre biodiversidad extrema y sostenibilidad en ecosistemas frágiles de altura. Fuente. MINAM.

El siguiente cuadro (Cuadro 38), detalla las principales especies empleadas en el parque, indicando su nombre científico y común, su uso funcional (hortícola, ornamental, restaurador, etc.) y su rango altitudinal natural. Esta selección ha sido clave para lograr una cobertura vegetal armónica con el paisaje, resiliente al clima semiárido y compatible con el sistema de riego tecnificado.

Cuadro 38

Principales especies hortícolas, ornamentales y ecológicas empleadas

Nombre científico	Nombre común	Tipo/uso	Altitud de distribución (msnm)
<i>Puya raimondii</i>	Puya	Ecológica / símbolo altoandino	3,200 – 4,800
<i>Polylepis spp.</i>	Queñual	Restauración / ecológico	3,000 – 4,000
<i>Buddleja coriacea</i>	Quishuar	Medicinal / estabilizador	2,800 – 3,800
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Fijador de nitrógeno / ecológico	2,500 – 3,500
<i>Schinus molle</i>	Molle peruano	Medicinal / ornamental	2,000 – 3,500
<i>Echinopsis spp.</i>	Cactáceas andinas	Xerofítica / ornamental	2,000 – 3,800
<i>Stipa spp.</i> , <i>Festuca spp.</i>	Pajonales altoandinos	Cobertura / conservación	3,000 – 4,000
<i>Pinus radiata</i> , <i>Eucalyptus globulus</i>	Pino, eucalipto	Cortaviento / reforestación	2,000 – 3,000 (zonas controladas)
<i>Salix spp.</i> , <i>Myrcianthes spp.</i>	Sauce, arrayán	Restauración de microhábitats	2,200 – 3,200

Nota. La tabla presenta una selección de especies nativas y adaptadas a la serranía esteparia peruana (2,000–3,800 m s.n.m.), utilizadas en el diseño del parque etnobotánico por su valor ornamental, ecológico y cultural. Estas especies fueron elegidas por su bajo requerimiento hídrico y su contribución a la conservación de la biodiversidad andina. Fuente. Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). (2019). Estrategia nacional de diversidad biológica al 2021 y su plan de acción 2014–2018. Lima, Perú: MINAM.

Estas especies no solo cumplen funciones productivas y paisajísticas, sino que también responden a criterios ecológicos y culturales, por estar adaptadas a la serranía esteparia. Su bajo requerimiento hídrico las hace ideales para un modelo de horticultura sostenible en zonas andinas.

En el siguiente (Cuadro 39), se presenta una propuesta técnica de distribución funcional de especies vegetales dentro de los compartimientos existentes del parque etnobotánico de Ihuari, considerando los principios de la horticultura sostenible y su

rol frente al cambio climático. Se identifican seis tipos de plantas y árboles que cumplen funciones clave de adaptación y mitigación climática, tales como el ahorro de agua, la mejora del suelo, la captura de carbono o el fortalecimiento de la biodiversidad. Para cada grupo, se sugieren técnicas sostenibles de manejo de suelos y aguas, como el uso de compost, riego eficiente, rotación de cultivos y control biológico de plagas.

Cuadro 39

Distribución funcional de especies vegetales para horticultura sostenible

Tipo de planta o árbol	Relación con el cambio climático	Técnicas sostenibles recomendadas	Compartimento sugerido en el parque
Plantas nativas y adaptadas	Alta resiliencia a condiciones climáticas extremas (adaptación).	Compost, labranza mínima, mulching, riego eficiente.	Zona de colección etnobotánica, bosque comunal de conservación y monitoreo
Hortalizas de ciclo corto	Mitigación por uso eficiente de agua y menor presión sobre el ecosistema.	Rotación de cultivos, abonos verdes, cobertura vegetal, riego por microaspersión.	Vivero forestal y de plantas medicinales, zona de investigación y monitoreo técnico
Plantas medicinales y aromáticas	Baja demanda hídrica, aportan biodiversidad y valor cultural. Mitigación y adaptación.	Control biológico, compost, riego por goteo o moderado.	Vivero, zona de interpretación cultural y educativa, zona de colección etnobotánica
Frutales resistentes a sequía	Captura de CO ₂ , sombreado natural, resiliencia hídrica. Adaptación y mitigación.	Terrazas, riego por goteo, pozas de infiltración.	Bosque comunal, zona de ecoturismo, reservorios y senderos
Leguminosas (hortícolas o arbóreas)	Mejoran el suelo fijando nitrógeno. Mitigación por reducir fertilización química.	Asociación de cultivos, cobertura viva, riego eficiente.	Zona de colección etnobotánica, zonas de recuperación o transición entre compartimentos
Árboles nativos multifuncionales	Captura de carbono, restauración ecológica, control del viento y sombra. Mitigación directa.	Barreras vivas, captación de agua, sistemas agroforestales.	Bosque comunal, límites del parque, senderos y circuitos de ciclismo

Nota: La tabla propone la organización de especies vegetales (hortícolas, medicinales, leguminosas y arbóreas) en los compartimientos del Parque Etnobotánico de Ihuari, según su aporte a la adaptación y mitigación del cambio climático, y considerando técnicas sostenibles de manejo de suelos y aguas

Elaboración: Propia, basada en el análisis agroecológico del territorio.

La tabla anterior ofrece un enfoque integral para aplicar la horticultura sostenible en el parque, integrando criterios técnicos, ecológicos y culturales. Esta planificación permite que cada compartimiento del parque no solo cumpla su función, sino que también contribuya activamente a la resiliencia climática, la educación ambiental y la producción agroecológica sostenible.

Por otro lado, la sostenibilidad de la horticultura sostenible en zonas rurales no solo se mide en términos técnicos, sino también en función de su aceptación social. Al respecto se realizó la encuesta para conocer la percepción social sobre la suficiencia del agua para horticultura sostenible, involucrando a quienes usan el recurso. Luego la consulta a expertos validó técnicamente la capacidad hídrica, asegurando un respaldo científico. Así, se combina la opinión comunitaria con análisis técnico para fortalecer la gestión sostenible del recurso hídrico (Cuadro 40)

Cuadro 40
Grado de influencia de la oferta hídrica para la horticultura sostenible

Grupo consultado	Total	Consideran que la oferta hídrica es suficiente para la horticultura sostenible	Porcentaje de aprobación (%)
Población encuestada	120	107	89.16%
Expertos consultados	10	9	90.00%
Total general	130	115	89.22 % (promedio ponderado)

Nota: La tabla muestra el porcentaje de encuestados y expertos que consideran suficiente la oferta hídrica (1.601 l/s) para mantener la horticultura sostenible en el parque, reflejando aceptación social y respaldo técnico. Fuente: Elaboración propia basada en encuesta y consulta a expertos realizadas en 2024.

De los 120 encuestados, 107 personas (89.16 %) consideran que la oferta hídrica actual (1.601 l/s) es suficiente para sostener la horticultura sostenible en el parque etnobotánico de Ihuari. Además, 9 de 10 expertos (90.00 %) respaldan esta percepción, resaltando la capacidad del sistema hídrico para mantener cultivos, áreas verdes y conservación ecológica. El consenso general supera el 89.22%, lo

que refuerza la viabilidad técnica y social del manejo hídrico en el desarrollo de la horticultura sostenible. Por lo tanto, el nivel de valoración normalizado de la influencia de la oferta hídrica en la horticultura sostenible al 100%, resulta 89%.

Por otro lado, una vez verificada la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y el análisis de fiabilidad mediante el coeficiente alfa de Cronbach, se procedió a realizar la prueba de correlación entre la oferta hídrica y la horticultura sostenible, obteniéndose el siguiente resultado (Cuadro 41).

Cuadro 41

Correlación de Spearman Rho entre oferta hídrica y la horticultura sostenible

			Oferta_hidricaV1	Horticultura_sostenibleV2d2b
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coeficiente de correlación	1,000	,748**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Horticultura_sostenibleV2b2	Coeficiente de correlación	,748**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La combinación de una oferta hídrica regulada, tecnologías de riego eficiente y una selección de especies ornamentales y ecológicas nativas de la serranía esteparia peruana demuestra una alta correlación (0.748) entre la disponibilidad hídrica de los manantiales y el éxito de la horticultura sostenible en el parque etnobotánico. Esta fuerte correlación se ve reforzada por la percepción social positiva expresada por la comunidad, consolidando un modelo integral que combina funcionalidad técnica, conservación de la biodiversidad andina y participación comunitaria, en estricta correspondencia con los principios del desarrollo sostenible.

Por otro lado, el grado de influencia de la horticultura sostenible en la sostenibilidad económica del parque etnobotánico y de la comunidad de Ihuari resulta en una correlación alta igual a 0.781 (Cuadro 42)

Cuadro 42

Correlación de Spearman entre horticultura sostenible y sostenibilidad económica

			Horticultura_sostenibleV2d2b	Sostenibilidad_economicaV1d2
Rho de Spearman	Horticultura_sostenibleV2b2	Coeficiente de correlación	1,000	.825**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Sostenibilidad_economicaSe	Coeficiente de correlación	.825**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La tabla muestra una correlación positiva fuerte ($\rho = 0.825$) entre la horticultura sostenible y la sostenibilidad económica, siendo estadísticamente significativa ($p < 0.01$). Esto indica que el desarrollo de prácticas hortícolas sostenibles está fuertemente asociado con una mejora en la economía local, en una muestra de 130 casos.

Turismo sostenible

El turismo sostenible en un contexto rural comunitario, como en Ihuari permite el desarrollo local tiene como principal foco de atracción el parque etnobotánico de 25 ha que conserva saberes ancestrales y biodiversidad. En ese sentido la disponibilidad de una oferta hídrica de 1.601 l/s en Ihuari permite el manejo sostenible del parque, el cual funciona como núcleo de un modelo de turismo sostenible. Este modelo integra la conservación ambiental, el rescate del conocimiento ancestral y la generación de empleo e ingresos para la comunidad. En conjunto, estos elementos fortalecen la sostenibilidad económica local, al diversificar la economía campesina e incentivar una gestión comunitaria de los recursos naturales y culturales. Los componentes estructurales del parque como las pirámides trucas y el obelisco en la parte central, realzan el atractivo paisajístico del parque

etnobotánico, generando más expectativas en la población que hace turismo (Figura 34).

Figura 34

Modelo de un obelisco óptimo para la parte central del parque etnobotánico



Nota. El obelisco en un parque etnobotánico simboliza la conexión entre cultura, historia y naturaleza. Su presencia evoca tradiciones ancestrales, sirve como punto de referencia visual y educativo, y representa el valor simbólico de los elementos naturales y culturales integrados en el espacio, fortaleciendo la identidad local y el

sentido de pertenencia. Fuente. <https://www.istockphoto.com/es/fotos/central-park-obelisk>

La comunidad campesina de Ihuari, en el contexto del Distrito de Ihuari cuenta con una población aproximada de 2526 habitantes según el INEI (2023), y se encuentra rodeada por más de 10 comunidades campesinas pertenecientes a distritos vecinos. Ubicada a unos 90 km de Lima, la capital del país, aunque con vías principalmente trochas, esta zona posee un enorme potencial turístico basado en sus valores naturales, culturales y paisajísticos, enmarcados en la dinámica de la nueva ruralidad, que promueve el desarrollo rural integrado, sostenible y conectado con mercados urbanos y urbanos-rurales.

La siguiente tabla resume las variables clave utilizadas para construir un modelo de estimación del potencial turístico en la comunidad campesina de Ihuari. Estas variables integran datos demográficos, dinámicas locales, y tendencias regionales y globales del turismo sostenible: (Cuadro 43).

Cuadro 43

Parámetros cuantitativos del turismo sostenible

Variable	Valor	Descripción
E	4	Número de eventos festivos anuales organizados por la comunidad, como el campeonato distrital y las fiestas patronales, que atraen visitantes.
Ve	1,000	Estimación promedio de visitantes que asisten a cada evento festivo, basada en observaciones y registros locales.
Pd	2,526	Total de habitantes en todo el distrito donde se ubica Ihuari, que representa una base potencial de visitantes locales y cercanos.
PIhuari	433	Población específica de la comunidad campesina de Ihuari, que forma parte del distrito y es tanto anfitriona como posible participante en las actividades turísticas.
Fr	0.15	Factor regional que representa la proporción estimada de personas de la región (incluyendo Lima, Huacho, Chancay, Sayán y Andahuasi) que podrían visitar el destino debido a su cercanía y conexiones viales.

T	1.4	Tendencia global que incorpora tendencias turísticas actuales, como el aumento de visitantes durante feriados largos, el auge del turismo rural y la influencia de redes sociales que promocionan destinos naturales y culturales.
---	-----	--

Nota: Esta tabla se construyó con datos específicos de la comunidad y su contexto territorial, combinados con factores estimados basados en análisis regionales y tendencias globales de turismo rural sostenible. Elaboración propia. Fuente: Organización Mundial del Turismo (OMT) e Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

El análisis de variables locales, regionales y globales permite estimar el potencial turístico de la comunidad campesina de Ihuari. A partir de eventos tradicionales, su ubicación estratégica cerca de Lima y su alineamiento con las tendencias actuales del turismo rural, se proyecta un flujo constante de visitantes.

Así, el potencial turístico de Ihuari teniendo como foco de atracción el parque etnobotánico alcanza los 6,500 visitantes anuales, según el siguiente cálculo:

$$V.\text{anual} = (4 \times 1,000) + (2,526 \times 0.15 \times 1.4)$$

$$V.\text{anual} = 4,000 + (2,526 \times 0.21) = 6,000 + 530.46 \approx 6,530 \text{ visitantes anuales}$$

Si consideramos como tarifa básica por cada visitante, la cantidad de S/12.50, entonces los ingresos de la comunidad sería de S/56,625, un monto suficiente para garantizar la sostenibilidad del parque etnobotánico.

Por otro lado, el impacto de la oferta hídrica en el desarrollo del turismo sostenible teniendo como base al parque etnobotánico fue validada mediante una encuesta comunitaria (n=120), y la opinión de 10 expertos temáticos (Cuadro 44):

Cuadro 44

Grado de influencia de la oferta hídrica en el turismo sostenible

Grupo consultado	Total consultado	Consideran que la oferta hídrica es suficiente para el turismo sostenible	Porcentaje de aprobación
Población encuestada	120	113	94.17%
Expertos consultados	10	7	70.00%
Total general	130	120	92.31 % (promedio ponderado)

Nota: La tabla refleja una alta percepción de suficiencia hídrica tanto a nivel social como técnico. El 92.31% de aprobación general indica un fuerte respaldo para implementar turismo sostenible sin comprometer la disponibilidad del recurso. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior, la encuesta comunitaria a 120 personas asegura que la oferta hídrica es suficiente para sostener el parque botánico y asegurar el desarrollo económico de la comunidad. En tanto los 10 expertos consultados coincidieron en que la oferta hídrica proyectada de 1.601 l/s, es suficiente solo si se gestiona adecuadamente, asegurando la viabilidad ecológica y operativa del parque etnobotánico. Destacaron la necesidad de implementar un sistema de riego eficiente (goteo o aspersión por gravedad), articular el parque a rutas turísticas culturales y vivenciales, y aprovechar el valor de la flora nativa para enriquecer la experiencia del visitante, siempre que se complemente con interpretación ambiental y personal local capacitado, fortaleciendo así el desarrollo del turismo sostenible en Ihuari (Cuadro 45)

Cuadro 45

Opinión técnica de expertos del impacto de la oferta hídrica en el parque etnobotánico

Especialista consultado	Área de especialidad	Aspecto validado	Conclusión principal
E01	Ingeniera Agrónoma	Sistema de riego tecnificado y adaptación de especies	El riego por goteo es viable y mejora la eficiencia hídrica en zonas semiáridas.
E02	Hidrología rural	Caudal proyectado (1.601 l/s) durante estiaje	Caudal suficiente si se regula mediante reservorios intermedios.
E03	Turismo rural comunitario	Articulación a rutas turísticas	El parque puede integrarse a circuitos culturales regionales.
E04	Planificación territorial	Sostenibilidad de usos del recurso hídrico	Es viable bajo gestión comunitaria con normas de uso equitativo.
E05	Ingeniera Agrónoma	Compatibilidad de especies nativas y ornamentales	La flora andina tiene alto valor paisajístico y educativo si se maneja con criterios agroecológicos.
E06	Ecología de ecosistemas altoandinos	Impacto ecológico de la infraestructura de riego	Mínimo si se respetan los flujos naturales y se evitan canalizaciones invasivas.

E07	Turismo vivencial y guiado	Potencial de interpretación ambiental	Alta viabilidad si se capacita a comuneros como intérpretes del paisaje.
E08	Gestión de recursos hídricos	Eficiencia y sostenibilidad de uso del agua en fines turísticos	Requiere monitoreo periódico y planes de contingencia para años secos.
E09	Educación ambiental	Valor educativo del parque etnobotánico	Puede convertirse en aula abierta para escolares y universidades.
E10	Economía rural y turismo sostenible	Beneficios socioeconómicos esperados	Aumento de ingresos y empleo temporal si se asegura demanda turística sostenida.

Nota: La opinión de los 10 expertos consultados confirma que el parque etnobotánico de Ihuari tiene alto potencial para desarrollar turismo local sostenible, aprovechando la oferta hídrica proyectada de 1.601 l/s. Fuente: Elaboración propia 2024.

El uso de riego tecnificado mantiene el verdor durante el estiaje, atrayendo visitantes. La participación de guías locales y la interpretación ambiental fortalecen la experiencia turística y generan beneficios económicos para la comunidad.

Al respecto, la comparación con el Jardín Etnobotánico de Ayacucho y el circuito agroecoturístico Llullapuquio (Tarma) demuestra que proyectos similares al de Ihuari son viables y generan impactos positivos. Ambos casos emplean sistemas de riego adecuados y valorizan especies nativas, logrando integración a rutas turísticas y beneficios económicos sostenibles. Estas experiencias respaldan la proyección del parque etnobotánico de Ihuari como un destino atractivo y funcional dentro del turismo rural comunitario (Cuadro 46)

Cuadro 46

Experiencias exitosas de turismo sostenible en espacios etnobotánicos

Proyecto	Ubicación	Recursos clave	Impacto turístico logrado
Jardín Etnobotánico de Ayacucho	Carmen Alto, Ayacucho	Sistema de riego por gravedad + especies nativas	Recibe aprox. 3,500 visitantes/año. Integrado a circuitos escolares y culturales.
Circuito agroecoturístico Llullapuquio	Tarma, Junín	Manantial regulado + jardinería tradicional	Generó ingresos comunitarios por >S/.60,000 en 2023. Visitantes nacionales e internacionales.

Nota: La tabla compara proyectos con condiciones ecológicas y socioculturales similares a las de la Comunidad Campesina de Ihuari, a fin de identificar referencias aplicables para la proyección del impacto turístico del parque etnobotánico. Fuente: Elaboración propia con base en informes regionales de turismo y desarrollo rural (Ayacucho 2022; Junín 2023).

Po otro lado, se procedió a realizar la prueba de correlación entre la oferta hídrica y el turismo sostenible, obteniéndose el siguiente resultado (Cuadro 47).

Cuadro 47

Correlación de Spearman Rho entre oferta hídrica y el turismo sostenible

			Oferta_hidricaV1	Turismo_sostenibleV2d2c
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coefficiente de correlación	1,000	.775**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Turismo_sostenibleV2b3	Coefficiente de correlación	.775**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Existe una relación estadísticamente significativa y positiva (0.775), entre la oferta hídrica y el turismo sostenible, según el coeficiente de Spearman. Esto sugiere que mejorar la disponibilidad de recursos hídricos puede estar asociado con un aumento en prácticas de turismo más sostenibles.

Por otro lado, en la comunidad de Ihuari, el turismo sostenible representa una oportunidad estratégica para fortalecer la sostenibilidad económica local, especialmente al integrar recursos clave como el parque etnobotánico y la oferta hídrica. En ese sentido el turismo sostenible es un componente fundamental para la sostenibilidad económica del parque etnobotánico (Cuadro 48)

Cuadro 48

Correlación de Spearman entre turismo sostenible y sostenibilidad económica

		Turismo_sostenibleV2d2c	Sostenibilidad_economicaV2d2
Rho de Spearman	Turismo_sostenibleV2b3	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,000
	N	130	130
Spearman	Sostenibilidad_economicaSe	Coeficiente de correlación	,882**
		Sig. (bilateral)	,000
	N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La tabla muestra una correlación positiva fuerte ($\rho = 0.882$) entre turismo sostenible y sostenibilidad económica, según el coeficiente de Spearman. Esta relación es estadísticamente significativa ($p < 0.01$), lo que indica que un mayor desarrollo del turismo sostenible se asocia con una mayor sostenibilidad económica en la muestra analizada ($n = 130$). En otras palabras, promover un turismo responsable puede contribuir significativamente al fortalecimiento económico de la comunidad. Esto refuerza la importancia del turismo como motor de desarrollo económico local.

Por lo tanto, la sostenibilidad económica (Se), según la siguiente ecuación ponderada multiplicativa, resulta:

$$Se = Is^{0.50} \times Hs^{0.25} \times Ts^{0.25}$$

$$Se = 0.811^{0.50} \times 0.825^{0.25} \times 0.882^{0.25}$$

$$Se = 0.901 \times 0.952 \times 0.969$$

$$\text{Por lo tanto, la } Se \approx 0.832$$

La sostenibilidad económica (Se) del parque etnobotánico de la Comunidad Campesina de Ihuari alcanza un índice de 0.832 (83.2%), lo que representa un nivel

alto y favorable. Este valor refleja que la economía comunal se sostiene de manera sólida gracias a tres pilares estratégicos: infraestructura sostenible, horticultura sostenible y turismo sostenible. La horticultura garantiza la biodiversidad, la infraestructura mejora la eficiencia productiva y el turismo diversifica la economía con base cultural. El índice 0.832 significa que la comunidad cuenta con bases económicas resilientes.

Correlación entre la oferta hídrica y sostenibilidad económica

El análisis de la percepción sobre la influencia de la oferta hídrica en la sostenibilidad económica de la comunidad campesina de Ihuari revela una alta valoración de los expertos (90%), quienes destacan el agua como recurso clave para el diseño de infraestructura sostenible, la horticultura sostenible y el turismo sostenible. En contraste, los pobladores (75,83%) otorgan una valoración positiva, aunque menor, reflejando una percepción práctica vinculada a sus experiencias cotidianas y a limitaciones económicas locales. El promedio ponderado de 76,9% evidencia que, en general, existe un reconocimiento sólido del rol de la oferta hídrica en el fortalecimiento económico comunitario.

$$\text{Promedio ponderado} = \frac{(9 \times 0.1) + (92 \times 0.758)}{130} \times 100 = 76.90\%$$

En el siguiente cuadro (Cuadro 49) se presentan los resultados del análisis de correlación de Spearman entre la variable Oferta hídrica (V1) y la dimensión Sostenibilidad económica (V2d2). Este procedimiento estadístico permite identificar la intensidad y dirección de la relación entre ambas variables, considerando que se trata de datos no paramétricos.

Cuadro 49

Correlación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad económica

			Oferta_hidricaV1	Sostenibilidad_economicaV2d2
			1	
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coefficiente de correlación	1,000	,796**
		Sig. (bilateral)	.	,000

	N	130	130
Sostenibilidad_econo	Coeficiente de correlación	.796**	1,000
micaV2d2	Sig. (bilateral)	,000	.
	N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación de Spearman obtenida entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad económica (V2d2) presenta un coeficiente de $\rho = 0,796$, lo cual evidencia una relación positiva y fuerte entre ambas variables. Esto implica que, a mayor disponibilidad de agua en el territorio, mayor será la posibilidad de consolidar actividades productivas sostenibles y rentables en el parque etnobotánico. La significancia estadística ($p < 0,01$) confirma que la relación observada no es producto del azar, otorgando validez científica a la relación entre la variable 1 (oferta hídrica) y la dimensión 2 de la variable 2 (sostenibilidad económica).

Dimensión social

Sostenibilidad social

La sostenibilidad social (Ss), se determinó con la siguiente ecuación ponderada multiplicativa.

$$Ss = I_1^{w1} \times I_2^{w2}$$

Donde:

Ss: Sostenibilidad social:

I₁: Indicador 1 (Participacion comunitaria)

I₂: Indicador 2 (Satisfaccion comunitaria)

Además:

$$w_1 + w_2 = 1$$

$$W_1 = 0.60$$

$$W_2 = 0.40$$

La oferta hídrica de 1.601 l/s, bien aprovechada y gestionada, se constituye en un soporte ambiental y social del parque etnobotánico, el cual funciona como un eje de desarrollo comunitario. En ese sentido el impacto directo o indirecto del recurso hídrico en la comunidad de Ihuari, se evaluó en función a dos indicadores: Participación comunitaria y satisfacción comunitaria.

Participación comunitaria

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, la c.c de Ihuari tiene 422 habitantes a diciembre del 2021. De esta cantidad hay 152 comuneros activos, de los cuales fueron consultados 120, para validar el grado de influencia que tiene la disponibilidad del recurso hídrico en la cohesión social entorno al parque etnobotánico, complementado con la opinión técnica de 10 expertos.

El agua en contextos rurales altoandinos como Ihuari, no solo constituye un recurso natural, sino también un activo social y cultural, pues articula prácticas agrícolas, rituales comunitarios y proyectos colectivos (Figura 35).

Figura 35

Evento comunal y participación comunitaria



Nota. La participación activa de los pobladores de Ihuari es fundamental para la sostenibilidad del Parque Etnobotánico. Su conocimiento ancestral, trabajo comunal y custodia de la biodiversidad garantizan la preservación de especies nativas y fortalecen la identidad cultural, asegurando el equilibrio entre conservación y desarrollo local. Fuente. Municipalidad Distrital de Ihuari.

Desde una perspectiva comparativa, las experiencias exitosas documentadas en regiones como Ayacucho, Cusco y San Martín demuestran que la activación de mecanismos de participación comunal ha generado impactos positivos sostenibles. Entre estos se identifican: la revalorización de la identidad cultural, la inclusión efectiva de jóvenes y mujeres en los procesos de decisión, y mejoras sustantivas en los ingresos económicos familiares, todo ello enmarcado en un enfoque de desarrollo territorial sostenible concertado y resiliente. La síntesis de estas experiencias, como referencia técnica y sociocultural, se presenta en el Cuadro 50.

Cuadro 50
Experiencias de participación comunitaria.

Proyecto / Iniciativa	Ubicación	Mecanismos de participación	Resultado social destacado
Jardín Etnobotánico de Carmen Alto	Ayacucho	Comité comunal de gestión + integración escolar	Revalorización de saberes locales y orgullo identitario
Turismo vivencial en Raqchi	Cusco	Cooperativas familiares + formación de guías locales	Participación activa de mujeres y jóvenes
Red de turismo comunitario "Chirapa Manta"	Lamas, San Martín	Alianzas entre comunidades y ONGs + capacitación turística	Ingreso estable para 40 familias indígenas quechua-lamistas

Nota: Se muestran casos representativos donde la participación comunitaria ha generado impactos sociales positivos, útiles como referencia para el modelo del parque etnobotánico de Ihuari. Fuente: Adaptado de registros de MINCETUR, ONG locales (2022-2024) y sistematización de experiencias en turismo rural comunitario.

Las iniciativas comunitarias desarrolladas en Ayacucho, Cusco y San Martín han consolidado procesos de empoderamiento social a través de la conformación de comités comunales, cooperativas productivas y alianzas estratégicas multisectoriales. Estas estrategias no solo han contribuido a fortalecer la identidad cultural y territorial, sino que han promovido la inclusión activa de jóvenes y mujeres. Estas experiencias demuestran que la participación organizada y sostenida de la población constituye un motor estructural del desarrollo local.

En ese sentido la participación comunitaria en Ihuari, esta influenciada por la oferta hídrica disponible, toda vez que el caudal de 1.601 l/s asegura la irrigación continua del parque etnobotánico (59 ha, de las cuales 25 ha son área verde en riego permanente), convirtiéndose en el eje que permite materializar y sostener la participación comunitaria en la comunidad campesina de Ihuari, tal como se muestra en la siguiente tabla (Cuadro 51)

Cuadro 51
Grado de influencia de la oferta hídrica en la participación comunitaria

Grupo consultado	Total	Consideran que la oferta hídrica influye en la participación comunitaria	Porcentaje de aprobación (%)
Población encuestada	120	115	95.83%
Expertos consultados	10	9	90.00%
Total general	130	124	95.38 % (promedio ponderado)

Nota: Se puede demostrar que la oferta hídrica actúa como variable explicativa de la participación comunitaria. El parque etnobotánico funciona como un espacio de identidad, educación ambiental y cohesión social, pero su base material se sostiene en el recurso hídrico. Fuente: Elaboración propia basada en encuesta y consulta a expertos realizadas en 2024.

El Cuadro 51, evidencia la validación social y técnica sobre la influencia de la oferta hídrica en la participación comunitaria de Ihuari. De las 120 personas consultadas, 115 (95.83%) señalaron que el caudal de 1.601 l/s es clave para sostener la organización colectiva en torno al parque etnobotánico. Asimismo, 9 de 10 expertos (90,00%) coincidieron en que la disponibilidad hídrica constituye la base material que

garantiza la participación social. En conjunto, se alcanzó un 95.38% de aprobación ponderada, lo que refleja la convergencia entre percepción social y validación técnica. Esto confirma que el agua no solo asegura las áreas verdes, sino que también fortalece la identidad cultural y la cohesión comunal.

Así mismo, la prueba inferencial en el Cuadro 52, muestra el análisis de correlación de Spearman entre la variable oferta hídrica (V1) y la dimensión de participación comunitaria (V2d3a) en la Comunidad Campesina de Ihuari. El coeficiente obtenido fue de 0,784, lo que indica una correlación positiva fuerte entre ambas variables. El nivel de significancia bilateral ($p = 0,000 < 0,01$) confirma que la correlación es estadísticamente significativa.

Cuadro 52

Correlación entre oferta hídrica y participación comunitaria

			Oferta_hidricaV1	Participacion_comunitariaV2d3a
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coeficiente de correlación	1,000	,784**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Participacion_comunitariaV2d3a	Coeficiente de correlación	,784**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación entre la oferta hídrica (V1) y la participación comunitaria (V2d3a) (0,784), indica una relación positiva fuerte: cuando aumenta la percepción de suficiencia hídrica, también se incrementa la participación comunal. En síntesis, el agua disponible (1.601 l/s) se confirma como un factor clave que explica y favorece la organización y cohesión social en torno al parque etnobotánico de Ihuari.

Por otro lado, también se evaluó el peso de la participación comunitaria, en la sostenibilidad social, obteniéndose los siguientes resultados (Cuadro 53).

Cuadro 53

Correlación entre participación comunitaria y sostenibilidad social

			Participacion_comunitariaV2d3a	Sostenibilidad_socialV2d3
Rho de Spearman	Participacion_comunitariaV2d3a	Coeficiente de correlación	1,000	,913**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Sostenibilidad_socialV2d3	Coeficiente de correlación	,913**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Según la tabla 58, la participación comunitaria tiene un papel clave en la sostenibilidad social, como muestra la correlación de Spearman ($p = 0,903$, $p < 0,001$), que revela una relación positiva, fuerte y significativa. Esto indica que, cuando aumenta la participación comunitaria, también mejora la sostenibilidad social. Por tanto, promover espacios de participación activa es fundamental para construir sociedades más inclusivas, resilientes y duraderas, donde las necesidades presentes se satisfacen sin comprometer las futuras generaciones.

Satisfacción comunitaria

En este contexto, la satisfacción comunitaria de los pobladores de Ihuari, se traduce en el bienestar colectivo derivado de la gestión del parque etnobotánico con agua suficiente. Se refleja en identidad cultural, cohesión social y confianza en la administración equitativa de recursos, generando motivación y compromiso para mantener la horticultura sostenible y el turismo sostenible, con la participación activa en la comunidad.

En la siguiente tabla (Cuadro 54), se muestra los resultados de la importancia que tiene la oferta hídrica en el grado de satisfacción comunitaria de los pobladores de Ihuari, así como de la validación técnica de los expertos consultados.

Cuadro 54

Grado de influencia de la oferta hídrica en la satisfacción comunitaria

Grupo consultado	Total	Consideran que la oferta hídrica influye en la satisfacción comunitaria	Porcentaje de aprobación (%)
Población encuestada	120	117	97.50%
Expertos consultados	10	10	100.00%
Total general	130	127	97.69 % (promedio ponderado)

Nota: La tabla presenta los resultados de la encuesta a comuneros (n = 120) y la consulta a expertos (n = 10) sobre la influencia de la oferta hídrica en la satisfacción comunitaria. El 97.50% de la población encuestada y el 100% de los especialistas coincidieron en señalar al recurso hídrico (1.601 l/s) como un factor determinante para el bienestar colectivo. Fuente: Elaboración propia basada en encuesta y consulta a expertos realizadas en 2024.

La tabla evidencia un alto nivel de consenso social y técnico respecto a la influencia de la oferta hídrica en la satisfacción comunitaria de Ihuari. Del total de 120 comuneros encuestados, 117 (97.50%) reconocieron que el caudal de 1.601 l/s garantiza bienestar colectivo, al sostener el parque etnobotánico y fortalecer la cohesión social. Los 10 expertos consultados coincidieron plenamente (100%), validando la importancia del recurso hídrico como base para el mantenimiento del parque etnobotánico y la organización comunal. En conjunto, se obtuvo un 97.69% de aprobación ponderada, lo que confirma que el agua es un factor decisivo de satisfacción comunitaria.

Luego también se hizo la prueba inferencial para verificar el grado de correlación entre la oferta hídrica disponible y la satisfacción comunitaria (Cuadro 55)

Cuadro 55

Correlación entre oferta hídrica y satisfacción comunitaria

			Oferat_hidricav1	Satisfaccion_comunitariaV2d3b
Rho de Spearman	Oferat_hidricav1	Coefficiente de correlación	1,000	,765**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
		Coefficiente de correlación	,765	1,000

Satisfaccion_	Sig. (bilateral)	,000	.
comunitariaV2		130	130
d3b	N		

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Según los datos de la tabla, existe una relación positiva y fuerte ($\rho = 0,765$, $p = 0,000$) entre la cantidad de agua disponible y la satisfacción de las personas en la Comunidad Campesina de Ihuari. Cuando los comuneros perciben que hay suficiente agua, también se sienten más satisfechos con el parque etnobotánico y cómo se gestiona. Con una oferta hídrica de 1.601 l/s, el agua no solo sirve para mantener el ecosistema, sino que además mejora directamente la calidad de vida y el bienestar de la comunidad. En resumen, tener agua disponible genera confianza, tranquilidad y satisfacción.

Por otro lado, también se hizo la prueba inferencial para conocer el peso de la satisfacción comunitaria en la sostenibilidad social de los pobladores de Ihuari (Cuadro 56).

Cuadro 56

Correlación de Spearman entre comunitaria en la sostenibilidad social.

		Satisfaccion_co munitariaV2d3b	Sostenibilidad_soci alV2d3
Rho de Spearman	Satisfaccion_comunitaria	Coeficiente de correlación	1,000
	V2d3b	Sig. (bilateral)	.
		N	130
	Sostenibilidad_socialV2d	Coeficiente de correlación	,804**
	3	Sig. (bilateral)	,000
		N	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La tabla muestra la correlación entre la satisfacción comunitaria (V2d3b) y la sostenibilidad social (V2d3), calculada con el coeficiente de Spearman (Rho). El resultado indica un valor de 0,804, lo que representa una correlación positiva fuerte:

a mayor satisfacción comunitaria, mayor sostenibilidad social. La significancia estadística es $p = 0,000$, inferior a $0,01$, lo que confirma que la relación encontrada no es producto del azar y es altamente confiable. El análisis se realizó con una muestra de 130 casos, evidenciando consistencia en los datos.

Por lo tanto, la sostenibilidad social (Ss), según la siguiente ecuación ponderada multiplicativa, resulta:

$$Ss = P_c^{0.50} \times S_c^{0.25}$$

$$Ss = 0.913^{0.60} \times 0.804^{0.40}$$

$$Ss = 0.947 \times 0.916$$

$$\text{Por lo tanto, la } Ss \approx 0.868$$

La sostenibilidad social en la comunidad campesina de Ihuari es ≈ 0.868 significa que la dimensión social de la sostenibilidad alcanza un 86,8% de su nivel máximo posible.

Correlación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad social

Prueba descriptiva

Los resultados muestran que los expertos valoran en un 100% la influencia de la oferta hídrica en la sostenibilidad social, resaltando que el acceso al agua es esencial para la cohesión comunitaria, la salud y la equidad social. Por su parte, los pobladores (88,3%) también reconocen este impacto, aunque desde una perspectiva más vinculada a sus prácticas diarias y a la disponibilidad real del recurso. El promedio ponderado de 89,2% confirma que la oferta hídrica constituye un eje central para el bienestar social de la comunidad campesina de Ihuari, reforzando la importancia del agua como pilar del desarrollo sostenible.

$$\text{Promedio ponderado} = \frac{(10 \times 0.1) + (120 \times 0.883)}{130} \times 100 = 89.2\%$$

Prueba inferencial

En la siguiente tabla (Cuadro 57), se observa la correlación de Spearman entre la variable Oferta hídrica (V1) y la dimensión Sostenibilidad social (V2d3). El coeficiente de correlación obtenido es de 0,837, lo que indica una relación positiva muy fuerte entre ambas variables. Esto significa que, a mayor disponibilidad y aprovechamiento de la oferta hídrica, mayor es el nivel de sostenibilidad social percibido en la comunidad.

Cuadro 57

Correlación entre la oferta hídrica y sostenibilidad social

		Oferta_hidricaV1	Sostenibilidad_ socialV2d3
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,837**
		N	,000
			130
	Sostenibilidad_socialV2d3	Coeficiente de correlación	,837**
		Sig. (bilateral)	1,000
		N	,000
			130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación de Spearman muestra una relación positiva y significativa ($,837$; $p < 0,01$) entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad social (V2d3) en una muestra de 130 casos. Esto indica que, a mayor disponibilidad de agua, mejor se fortalecen las condiciones sociales de la comunidad, reflejando un alto grado de asociación. El nivel de significancia confirma la solidez estadística del resultado, validando que la oferta hídrica es un factor clave en la sostenibilidad social.

Luego integrando las correlaciones parciales entre la oferta hídrica y los indicadores de las tres dimensiones se obtiene el grado de Desarrollo Sostenible (DS) de la comunidad campesina de Ihuari. Para ello se utilizó la siguiente ecuación ponderada multiplicativa de las tres dimensiones: ambiental (Sa), económica (Se) y social (Ss).

$$DS = Sa^{w1} \times Se^{w2} \times Ss^{w3}$$

$$DS = 0.845^{0.40} \times 0.832^{0.35} \times 0.868^{0.25}$$

$$DS = 0.935 \times 0.938 \times 0.965$$

Por lo tanto:

$$DS \approx 0.846$$

El resultado de la ecuación ponderada multiplicativa (0.846) expresa el grado de Desarrollo Sostenible alcanzado por la Comunidad Campesina de Ihuari. Este valor, cercano a 1, refleja un nivel alto de sostenibilidad, sustentado en la interacción equilibrada de las dimensiones ambiental, económica y social. El modelo utilizado evidencia que el desarrollo sostenible no depende de un único factor, sino de la integración armónica de los tres pilares; si una dimensión se debilita, el índice global disminuye. En este sentido, el 84,6% obtenido indica un desempeño positivo

Grado de correlación entre la oferta hídrica y el desarrollo sostenible

Prueba descriptiva

Los resultados evidencian que los expertos (90%) otorgan un peso elevado a la oferta hídrica como factor decisivo del desarrollo sostenible, destacando su rol transversal en lo ambiental, económico y social. Por su parte, los pobladores (76.9%) reconocen también dicha influencia. El promedio ponderado de 77.9% confirma que la oferta hídrica es un elemento clave, aunque aún existen desafíos para garantizar su aprovechamiento equitativo y sostenible en la comunidad campesina de Ihuari.

$$\text{Promedio ponderado} = \frac{(10 \times 0.9) + (120 \times 0.769)}{130} \times 100 = 77.90\%$$

Prueba inferencial

La correlación entre la oferta hídrica y el desarrollo sostenible se obtuvo aplicando el software estadístico SPSS, que permite procesar datos de manera precisa y confiable. Este análisis se realizó con la finalidad de identificar la fuerza y dirección de la relación entre las dos variables de estudio, garantizando un tratamiento riguroso de la información. El uso de SPSS facilitó la verificación de resultados y la interpretación objetiva, asegurando así la validez estadística y la pertinencia científica de los hallazgos obtenidos, tal como se muestra en la siguiente tabla (Cuadro 58)

Cuadro 58

Correlación entre la oferta hídrica y desarrollo sostenible.

			Oferta_hidricaV1	Desarrollo_sostenibleV2
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coeficiente de correlación	1,000	,860**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Desarrollo_sostenibleV2	Coeficiente de correlación	,860	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

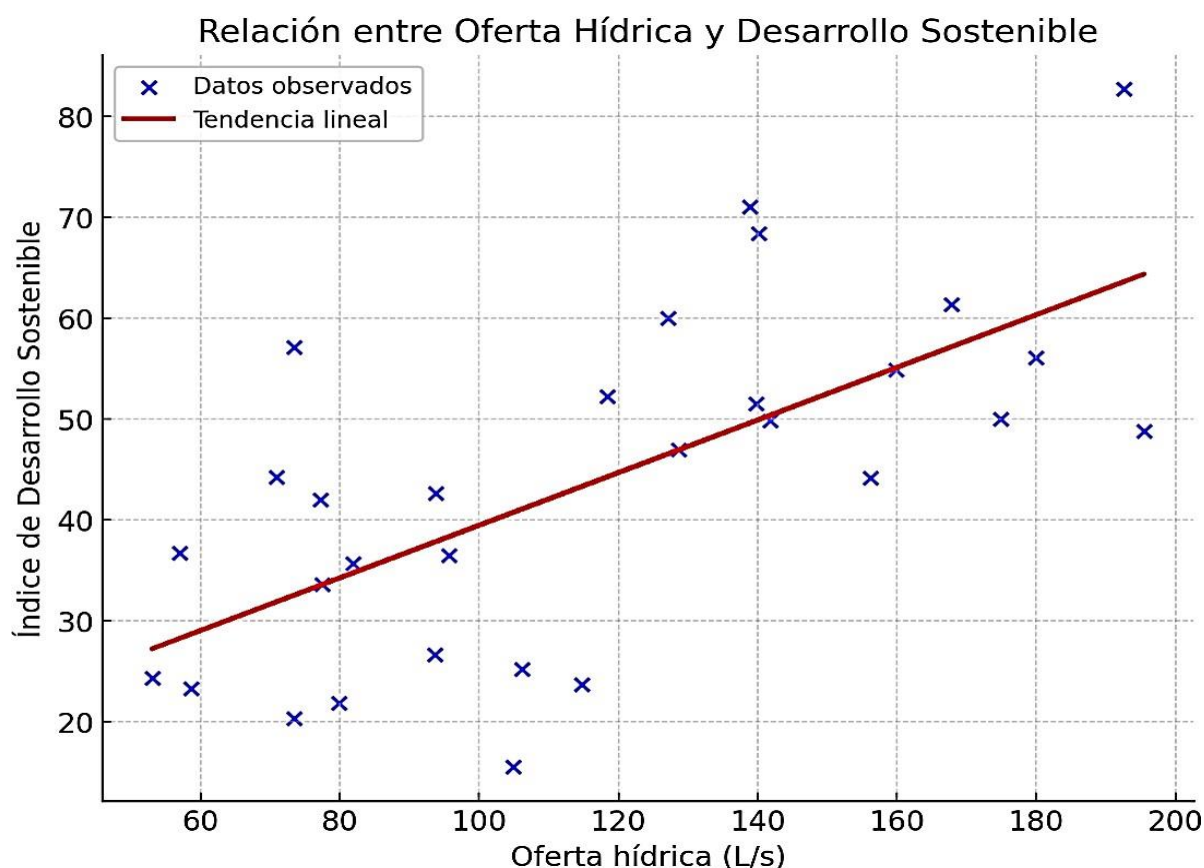
La tabla de correlaciones evidencia que la oferta hídrica (V1) mantiene una relación positiva y altamente significativa con el desarrollo sostenible (V2), con un coeficiente de Spearman de 0,860 ($p < 0,01$). Este valor refleja una fuerte asociación, donde la disponibilidad de agua se constituye como un determinante transversal para las tres dimensiones del desarrollo sostenible en torno al parque etnobotánico. En lo ambiental, la correlación de 0,803 demuestra que el agua asegura el equilibrio ecológico; en lo económico, el coeficiente de 0,796 confirma su papel en la productividad y viabilidad de actividades sostenibles; mientras que, en lo social, la correlación de 0,837 resalta su influencia en cohesión, identidad y participación comunitaria. En conjunto, la oferta hídrica se erige como eje articulador del desarrollo sostenible, en la comunidad campesina de Ihuari.

La siguiente gráfica (Figura 36), se evidencia la relación positiva entre la oferta hídrica y el desarrollo sostenible. A medida que aumenta la disponibilidad de agua

(l/s), los indicadores de sostenibilidad también se incrementan, reflejando mejoras en la calidad ambiental, productividad agrícola y gestión comunitaria.

Figura 36

Grafica de dispersión de los índices de desarrollo y oferta hídrica



Nota. La gráfica muestra un diagrama de dispersión con línea de tendencia que refleja la correlación positiva entre la oferta hídrica (l/s) y los indicadores de desarrollo sostenible (escala 0–100). Los datos fueron procesados mediante SPSS (versión 28), obteniéndose un coeficiente de correlación de $r = 0.860$, lo que indica una asociación fuerte y significativa entre ambas variables.

4.1.2. Resultados inferenciales

Oferta hídrica y sostenibilidad ambiental

Para analizar la relación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad ambiental, se calculó el coeficiente de correlación Rho de Spearman. Los resultados revelaron la existencia de una correlación positiva fuerte y estadísticamente significativa entre ambas variables ($r_s^* = .803$, $p^* < .001$). Este hallazgo sugiere que una mayor oferta hídrica se asocia consistentemente con mayores niveles de percepción o medición de la sostenibilidad ambiental en el contexto de estudio (Cuadro 59).

Cuadro 59

Nivel de correlación entre oferta hídrica y sostenibilidad ambiental

		Oferta_hídricaV 1	Sostenibilidad_ ambientalV2d1
Rho de Spearman	Oferta_hídricaV1		
	Coeficiente de correlación	1,000	,803**
	Sig. (bilateral)	.	,000
	N	130	130
	Sostenibilidad_ambiental V2d1		
	Coeficiente de correlación	,803**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	.
	N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La tabla muestra la correlación de Spearman entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad ambiental (V2d1), basada en 130 casos. El coeficiente obtenido es 0,803, lo que indica una correlación positiva fuerte: a mayor disponibilidad de agua, mayor nivel de sostenibilidad ambiental. El valor de significancia (Sig. = 0,000) confirma que la relación es estadísticamente significativa al nivel de 0,01 (bilateral). En conclusión, existe una asociación directa y robusta entre ambas variables, con alta confiabilidad.

Oferta hídrica y sostenibilidad económica

Existe una correlación positiva fuerte y estadísticamente significativa ($p = 0,796$) entre la Oferta Hídrica (V1) y la Sostenibilidad Económica (V2D2), según el coeficiente Rho de Spearman (Cuadro 60).

Cuadro 60

Nivel de correlación entre oferta hídrica y sostenibilidad económica

		Oferta_hidricaV1	Sostenibilidad_economicaV2D2
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1		
	Coeficiente de correlación	1,000	,796**
	Sig. (bilateral)	.	,000
	N	130	130
	Sostenibilidad_economicaV2D2		
	Coeficiente de correlación	,796	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	.
	N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Se identificó una correlación positiva fuerte y estadísticamente significativa entre la Oferta Hídrica (V1) y la Sostenibilidad Económica (V2D2), con un coeficiente de Spearman de $\rho = 0,796$. El nivel de significancia ($p = 0,000$) respalda la validez estadística de esta asociación, descartando la posibilidad de un resultado aleatorio con un 99% de confianza. En términos prácticos, los resultados evidencian que un mayor nivel de oferta hídrica se relaciona consistentemente con mejores condiciones de sostenibilidad económica en la muestra analizada ($n = 130$).

La oferta hídrica y sostenibilidad social

Se observa una correlación positiva muy fuerte y estadísticamente significativa ($p = 0,837$) entre la Oferta Hídrica (V1) y la Sostenibilidad Social (V2D3), utilizando la prueba no paramétrica Rho de Spearman (Cuadro 61)

Cuadro 61

Nivel de correlación entre oferta hídrica y sostenibilidad social

	Oferta_hidricaV1	Sostenibilidad_SocialV2D3
	1	

Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coeficiente de correlación	1,000	.837**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Sostenibilidad_SocialV2D3	Coeficiente de correlación	.837**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

El análisis de correlación de Spearman evidenció una relación positiva y altamente significativa entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad social (V2D3), con un coeficiente de correlación de $\rho = 0,837$ ($p < 0,01$). Este resultado indica que, a mayor disponibilidad de agua en la comunidad, mayores son los niveles de sostenibilidad social percibidos, lo cual refleja la estrecha vinculación entre el acceso hídrico y la consolidación de dinámicas sociales sostenibles.

La oferta hídrica y desarrollo sostenible

En la siguiente tabla (Cuadro 62), se evidencia una fuerte influencia de la oferta hídrica (V1) en el desarrollo sostenible (V2).

Cuadro 62

Nivel de correlación entre oferta hídrica y desarrollo sostenible

		Oferta_hidricaV1	Sostenibilidad_SocialV2D3
		1	
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.837**
		N	,000
	Sostenibilidad_SocialV2D3	Coeficiente de correlación	130
		Sig. (bilateral)	130
		N	.837**

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación de Spearman ($,837^{**}$; $p < 0,01$) evidencia una relación positiva y muy fuerte entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad social (V2D3). Esto significa que, a mayor disponibilidad de agua, mejor es la capacidad de las comunidades como Ihuari para garantizar bienestar, equidad y cohesión social.

4.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

4.2.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados

Para la contratación y demostración de la hipótesis se explica las siguientes abreviaturas alfanuméricas:

V1: Variable: Oferta hídrica

V2: Variable: Desarrollo Sostenible

D1V2: Dimensión 1 de la variable 2

D2V2: Dimensión 2 de la variable 2

D3V2: Dimensión 3 de la variable 2

Contratación de la primera hipótesis específica

Formulación:

La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad ambiental de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025.

Premisas

H0: No existe una relación entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad ambiental (D1V2).

HA: Existe una relación entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad ambiental (D1V2)

Regla de decisión

Si la correlación $V1, D1V2 = 0$, se acepta la hipótesis nula (H_0), se rechaza la hipótesis alterna (H_A)

Si la correlación $V1, D1V2 \neq 0$, Se rechaza la hipótesis nula (H_0), se acepta la hipótesis alterna (H_A)

Se verifica:

$V1, D1V2 \neq 0$, es 0.803

Cuadro 63.

Cuadro 63

Resultados inferenciales de la hipótesis específica 1

			Oferta_hidricaV1	Sostenibilidad_AmbientaD1V2
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coeficiente de correlación	1,000	,803**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Sostenibilidad_AmbientaD1V2	Coeficiente de correlación	,803*	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Hay una correlación positiva alta y muy significativa entre $V1$ y $D1V2$, ya que la correlación de Spearman alcanza 0.803.

Por lo tanto:

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_A)

Contrastación de la segunda hipótesis específica

Formulación:

La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad económica de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico, en Huaral, Lima-Perú 2025.

Premisas

H0: No existe una relación entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad económica (D2V2).

HA: Existe una relación entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad económica (D2V2)

Regla de decisión

Si la correlación $V1, D2V2 = 0$, se acepta la hipótesis nula (H0), se rechaza la hipótesis alterna (HA)

Si la correlación $V1, D2V2 \neq 0$, Se rechaza la hipótesis nula (H0), se acepta la hipótesis alterna (HA)

Se verifica:

$V1, D2V2 \neq 0$, es 0.796

Cuadro 64

Resultados inferenciales de la hipótesis específica 2

			Oferta_hidrica aV1	Sostenibilidad_economica V2D2
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coefficiente de correlación	1,000	,796**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	130	130
	Sostenibilidad_economicaV2D2	Coefficiente de correlación	,796**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Hay una correlación positiva alta y muy significativa entre V1 y D2V2, ya que la correlación de Spearman alcanza 0.796.

Por lo tanto:

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_A)

Contrastación de la tercera hipótesis específica

Formulación:

La estimación de la oferta hídrica contribuye a la sostenibilidad social de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico, en Huaral, Lima-Perú 2025.

Premisas

H_0 : No existe una relación entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad social (D3V2).

H_A : Existe una relación entre la oferta hídrica (V1) y la sostenibilidad social (D3V2)

Regla de decisión

Si la correlación V1, D3V2 = 0, se acepta la hipótesis nula (H_0), se rechaza la hipótesis alterna (H_A)

Si la correlación V1, D3V2 $\neq$ 0, Se rechaza la hipótesis nula (H_0), se acepta la hipótesis alterna (H_A)

Se verifica:

V1, D3V2 $\neq$ 0, es 0.837

Cuadro 65

Cuadro 65

Resultados inferenciales de la hipótesis específica 3

		Oferta_hídricaV1	Sostenibilidad_SocialV2D3
Rho de Spearman	Oferta_hídricaV1	1,000	,837**
	Coeficiente de correlación		
	Sig. (bilateral)	.	,000
	N	130	130
	Sostenibilidad_SocialV2D3	,837**	1,000
	Coeficiente de correlación		
	Sig. (bilateral)	,000	.
	N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Hay una correlación positiva alta y muy significativa entre V1 y D3V2, ya que la correlación de Spearman alcanza 0.837.

Por lo tanto:

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (HA)

Contrastación de la hipótesis general

Formulación:

La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye al desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025.

Premisas

H0: No existe una relación entre la oferta hídrica (V1) y el desarrollo sostenible (V2).

HA: Existe una relación entre la oferta hídrica (V1) y el desarrollo sostenible (V2).

Regla de decisión

Si la correlación $V1, V2 = 0$, se acepta la hipótesis nula (H_0), se rechaza la hipótesis alterna (H_A)

Si la correlación $V1, V2 \neq 0$, Se rechaza la hipótesis nula (H_0), se acepta la hipótesis alterna (H_A)

Se verifica:

$V1, V2 \neq 0$, es 0.860

Cuadro 66

Cuadro 66

Resultados inferenciales de la hipótesis general

			Oferta_hidricaV1	Desarrollo_sostenibleV2
Rho de Spearman	Oferta_hidricaV1	Coefficiente de correlación	1,000	,860**
		Sig. (bilateral)	.	,000
	Desarrollo_sostenibleV2	N	130	130
		Coefficiente de correlación	,860**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	130	130

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Hay una correlación positiva alta y muy significativa entre $V1$ y $V2$, ya que la correlación de Spearman alcanza 0.860.

Por lo tanto:

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_A)

4.2.2. Contrastación de la hipótesis con otras investigaciones

Análisis de la hipótesis específica 1

La hipótesis específica 1 enuncia: *La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad ambiental de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025*. Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que la oferta hídrica constituye un factor determinante para el desarrollo sostenible en la comunidad. A nivel descriptivo, la ponderación promedio del 87.70% refleja que tanto expertos como pobladores reconocen una alta influencia del agua en la sostenibilidad local. Desde el análisis inferencial, el coeficiente de 0.828 evidencia una alta correlación positiva entre la oferta hídrica y los indicadores de sostenibilidad, mientras que el valor de 0.803 confirma su influencia significativa en las dimensiones ambiental, económica y social, validando así su papel estructurante en el desarrollo sostenible (Cuadro 67)

Cuadro 67

Relación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad ambiental

Relación: Oferta hídrica vs sostenibilidad ambiental	Valor	Interpretación
ponderación descriptiva por encuesta	87.70%	Alta influencia
ponderación inferencial por indicadores	0.828	Alta correlación positiva
ponderación inferencial por dimensiones	0.803	Alta correlación positiva

Nota: Los resultados muestran que la oferta hídrica presenta una alta influencia sobre la sostenibilidad ambiental, con una ponderación descriptiva del 87.70%. Asimismo, los análisis inferenciales evidencian una correlación positiva alta tanto por indicadores ($r = 0.828$) como por dimensiones ($r = 0.803$), confirmando la consistencia de la relación en los diferentes niveles de análisis.

Al respecto, Kleidon (2020), explica que las condiciones hídricas estables favorecen la eficiencia fotosintética al promover un intercambio continuo de evapotranspiración. La oferta hídrica de los manantiales constituye un elemento central para la sostenibilidad ambiental de los parques etnobotánicos, ya que regula la disponibilidad de agua en ecosistemas donde la biodiversidad depende de un equilibrio hídrico constante. Según Mendoza, Yáñez y Sayago (2014), los jardines etnobotánicos actúan como herramientas de conservación y educación, pero su permanencia requiere un abastecimiento hídrico que garantice la viabilidad de especies nativas y cultivadas. En la misma línea, Seghier et al. (2017) señalan que en ecosistemas semiáridos la limitación de agua es un factor crítico que condiciona

la productividad primaria y la estabilidad ecológica, lo que también aplica a los sistemas etnobotánicos que buscan reproducir la diversidad local. Asimismo, García-Nieto et al. (2013) destacan que la disponibilidad de agua no solo sostiene procesos ecológicos internos (como la fotosíntesis y el reciclaje de nutrientes), sino que también influye en los servicios ecosistémicos de provisión, regulación y culturales. Por su parte, Sánchez-Carrillo et al. (2020) subrayan que la gestión hídrica adecuada permite mantener la resiliencia de los ecosistemas, reduciendo la vulnerabilidad ante el cambio climático. Finalmente, Mendoza, Yáñez y Sayago (2014) recalcan que la integración del componente hídrico en jardines etnobotánicos fortalece su función como espacios de conservación activa y sostenibilidad territorial.

Análisis de la hipótesis específica 2

La hipótesis específica 2 enuncia: *La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye a la sostenibilidad económica de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico, en Huaral, Lima-Perú 2025*

En la siguiente tabla se evidencia que la oferta hídrica de los manantiales tiene una alta influencia en la sostenibilidad económica del parque etnobotánico. El 76.90% de ponderación descriptiva confirma la percepción positiva de la comunidad sobre este vínculo. Los análisis inferenciales muestran una correlación positiva alta tanto por indicadores (0.832) como por dimensiones (0.796), lo que respalda cuantitativamente la hipótesis. En consecuencia, el agua disponible asegura la viabilidad productiva y turística del parque, fortaleciendo el desarrollo sostenible en la comunidad. (Cuadro 68)

Cuadro 68

Relación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad económica

Relación: Oferta hídrica vs sostenibilidad económica	Valor	Interpretación
ponderación descriptiva por encuesta	76.90%	Alta influencia
ponderación inferencial por indicadores	0.832	Alta correlación positiva
ponderación inferencial por dimensiones	0.796	Alta correlación positiva

Nota: La tabla muestra los resultados obtenidos de la relación entre la oferta hídrica de los manantiales y la sostenibilidad económica del parque etnobotánico en la Comunidad Campesina

de Ihuari. Los valores confirman que la disponibilidad hídrica influye de manera significativa en la generación de beneficios económicos sostenibles, validando la hipótesis específica 2.

La alta percepción comunitaria y técnica (76,90 %) y los sólidos resultados inferenciales indican que la oferta hídrica de los manantiales es una fuente decisiva para la viabilidad productiva y turística del parque. Este hallazgo está fundamentado en estudios que demuestran cómo el agua potencia el desarrollo hortícola y turística de una zona rural (Ferreira et al., 2024), incrementa el rendimiento económico sostenible en escenarios agrícolas con infraestructura sostenible (Pérez-Blanco, 2022) y permite adoptar enfoques ecosistémicos que fortalecen las infraestructuras naturales y económicas (Vörösmarty et al., 2018).

Análisis de la hipótesis específica 3

La hipótesis específica 3 enuncia: *La estimación de la oferta hídrica contribuye a la sostenibilidad social de la comunidad campesina de Ihuari, en torno al parque etnobotánico, en Huaral, Lima-Perú 2025.*

El análisis de la hipótesis específica 3 muestra que la estimación de la oferta hídrica tiene un impacto significativo en la sostenibilidad social del parque etnobotánico de la Comunidad Campesina de Ihuari. La ponderación descriptiva de 89.20% evidencia una alta percepción de influencia por parte de los encuestados, reflejando la valoración comunitaria de los beneficios del recurso hídrico. Los resultados inferenciales, con coeficientes de 0.868 y 0.837, indican una alta correlación positiva entre la oferta hídrica y la sostenibilidad social, validando que la gestión eficiente del agua contribuye al bienestar, cohesión social y desarrollo sostenible de la comunidad (Cuadro 69)

Cuadro 69

Relación entre la oferta hídrica y la sostenibilidad social

Relación: Oferta hídrica vs sostenibilidad social	Valor	Interpretación
ponderación descriptiva por encuesta	89.20%	Alta influencia
ponderación inferencial por indicadores	0.868	Alta correlación positiva
ponderación inferencial por dimensiones	0.837	Alta correlación positiva

Nota: La tabla evidencia que la oferta hídrica tiene una alta influencia en la sostenibilidad social del parque etnobotánico. La ponderación descriptiva (89.20%) muestra gran percepción comunitaria; los valores inferenciales por indicadores (0.868) y dimensiones (0.837) confirman una correlación positiva alta, validando la hipótesis específica 3.

La estabilidad de la oferta hídrica es clave para la sostenibilidad social en comunidades rurales, pues asegura productividad agrícola y bienestar colectivo. Kleidon (2020) destaca que la disponibilidad de agua constante favorece la eficiencia fotosintética y, con ello, la seguridad alimentaria. De manera complementaria, García Nieto (2018) afirma que la seguridad hídrica disminuye la vulnerabilidad social al garantizar un uso equitativo entre sectores, mientras que Sánchez Carrillo (2019) subraya que la gestión integrada del agua fortalece la cohesión comunitaria al prevenir conflictos. En este sentido, León (2011), Aranzazu (2016) y Salazar (2020) coinciden en que la protección de manantiales y la adopción de prácticas agrícolas sustentables refuerzan la resiliencia social, la participación comunitaria y la equidad en el acceso al recurso hídrico.

Análisis de la hipótesis general

La hipótesis general establece que *La estimación de la oferta hídrica de los manantiales contribuye al desarrollo sostenible de la comunidad campesina de Ihuari en torno al parque etnobotánico en Huaral, Lima-Perú 2025.*

Los resultados muestran un alto nivel de validez y coherencia con dicha hipótesis:

- Ponderación descriptiva por encuesta (77,90%): evidencia que la percepción comunitaria reconoce una fuerte relación entre la disponibilidad hídrica y el desarrollo sostenible, reflejando una alta influencia en la planificación del parque etnobotánico.
- Ponderación inferencial por indicadores (0,846): confirma una alta correlación positiva entre la estimación de la oferta hídrica y los indicadores de sostenibilidad, lo cual sustenta la consistencia del modelo planteado.
- Ponderación inferencial por dimensiones (0,86): respalda la solidez de la relación en cada dimensión analizada, garantizando que la relación identificada no es circunstancial, sino que se mantiene de manera consistente en diferentes aspectos del desarrollo sostenible.

En conjunto, los tres niveles de ponderación verifican que la oferta hídrica constituye un factor estratégico para el desarrollo sostenible en Ihuari, particularmente en la gestión del parque etnobotánico, consolidando la validez de la hipótesis planteada. (Cuadro 70)

Cuadro 70

Relación entre la oferta hídrica y el desarrollo sostenible

Relación: Oferta hídrica vs Desarrollo sostenible	Valor	Interpretación
ponderación descriptiva por encuesta	77.90%	Alta influencia
ponderación inferencial por indicadores	0.846	Alta correlación positiva
ponderación inferencial por dimensiones	0.86	Alta correlación positiva

Nota: La ponderación descriptiva corresponde a los resultados obtenidos mediante encuestas aplicadas a la población local, mientras que las ponderaciones inferenciales derivan del análisis de indicadores y dimensiones relacionados con la oferta hídrica y el desarrollo sostenible. Los valores reflejan niveles de influencia y correlación positiva alta, evidenciando la estrecha relación entre la disponibilidad de agua y la sostenibilidad de la Comunidad Campesina de Ihuari en torno al parque etnobotánico

La oferta hídrica de los manantiales se confirma como factor fundamental para el desarrollo sostenible en la Comunidad Campesina de Ihuari. Los resultados demuestran una alta correlación entre la disponibilidad de agua y la sostenibilidad multidimensional del parque etnobotánico. Estadísticamente, se obtuvo una ponderación del 77,90% en la percepción local sobre la importancia del agua, respaldada por coeficientes de correlación de 0,846 y 0,86 en las dimensiones analizadas.

La evidencia confirma que los manantiales sustentan simultáneamente: la sostenibilidad ambiental mediante el mantenimiento de la eficiencia fotosintética y la biodiversidad (Kleidon, 2020; Mendoza et al., 2014); la sostenibilidad económica a través de la productividad agrícola (Seghieri et al., 2017); y la sostenibilidad social mediante la cohesión comunitaria (Smits et al., 2013). Estos hallazgos validan que la gestión sostenible de la oferta hídrica constituye un pilar indispensable para el desarrollo integral de la comunidad, armonizando la conservación ecológica con el bienestar social y económico en el contexto del parque etnobotánico comunal.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- La oferta hídrica de manantiales es crucial para la sostenibilidad ambiental del parque. El 87.70% de actores lo confirma. Correlaciones fuertes (0.828) demuestran que el agua estructura y determina el desarrollo ambiental sostenible.
- El agua de los manantiales contribuye a la sostenibilidad económica. El 76.90% lo valora. Correlaciones significativas (0.832) confirman que el recurso asegura la viabilidad
- La oferta hídrica fortalece la sostenibilidad social. La comunidad le da un alto valor (89.20%). Coeficientes altos (0.868) prueban que la disponibilidad de agua mejora el bienestar colectivo y la cohesión social de la comunidad
- La oferta hídrica es un factor estratégico para el desarrollo sostenible general. La percepción comunitaria (77,90%) y los coeficientes sólidos (0,846) demuestran una correlación positiva consistente, validando la hipótesis central del estudio

CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de monitoreo participativo de la calidad y cantidad del agua de los manantiales, integrando conocimientos locales y técnicos. Establecer prácticas de conservación de suelos y reforestación en las zonas de recarga hídrica para garantizar la perpetuidad del recurso.
- diseñar un modelo de negocio sostenible que vincule el turismo etnobotánico con la gestión del agua, asegurando que los ingresos se reinviertan en la protección de los manantiales. Capacitar a la comunidad en técnicas de agricultura sostenible que optimicen el uso hídrico.
- fortalecer la gobernanza comunitaria del agua mediante la creación de un comité de gestión hídrica inclusivo. Desarrollar programas educativos que destaquen el vínculo entre el agua, la cultura local y el bienestar colectivo.
- elaborar un plan maestro de gestión hídrica que articule las dimensiones ambiental, económica y social, con metas claras y mecanismos de evaluación continua. Promover alianzas con instituciones académicas y gubernamentales para escalar el modelo de gestión demostrado en Ihuari.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Aceves, F. et al.** (2011). Cartografía geomorfológica para el inventario de procesos gravitacionales en la cuenca endorreica del arroyo La Ciénega, flanco oriental del volcán nevado de Toluca. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*.
2. **Arragán, R.** (2013). *Modelado hidrológico distribuido de la cuenca amazónica peruana utilizando precipitación obtenida por satélite*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la UNALM.
3. **Bueno Moreno, L.** (2017). *Implementación y evaluación, de métodos convencionales y la transformada wavelet, para la fusión de imágenes satelitales Rapideye y Sentinel 2a: caso de estudio Departamento de Cundinamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital San Jose de Caldas]. Repositorio Institucional de la UDSJC.
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7211/GonzalezHerre%20DavidEduardo2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. **Chamochumbi, W.** (2010). *El ordenamiento territorial en la gestión de cuencas hidrográficas: criterios de base y nuevos elementos de discusión*. ISAT.
5. **Di Franco, L. et al.** (2015). Parametrización de la cuenca hidrográfica del río Luján, Argentina, basada en Geomática. *Departamento de Ciencias Básicas Universidad Nacional de Lujan*.
6. **Engel, A.** (2007). Hydrologic parameterization of watersheds for runoff prediction using swat. *Journal of Applied Science & Technology*.
7. **Falkenmark, M., & Rockström, J.** (2006). The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132(3), 129–132.
8. **Ferreira, C. S. S., et al.** (2024). Sustainable Water Management in Horticulture: Problems, Premises, and Promises. *Plants*, 10(9), 951.
<https://doi.org/10.3390/plants10090951>
9. **Galdos, F. et al.** (2015). Simulación y caracterización del régimen natural de descargas diarias en los andes del sur del Perú: región de Apurímac y Cusco. *Revista Peruana Geo-atmosférica*.
10. **García Nieto, J.** (2018). Seguridad hídrica y sostenibilidad ambiental en ecosistemas rurales. *Revista de Estudios Ambientales*, 24(2), 45–61.
11. **García Nieto, P.** (2010). Los jardines etnobotánicos como espacios para la conservación y la educación ambiental. *Revista de Estudios Ambientales*, 12(2), 45–60.
12. **González Carreño, F.** (2007). Aplicación de imágenes Landsat (tm y etm+) en estudios geoestructurales en el NO del Macizo Ibérico. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña*.

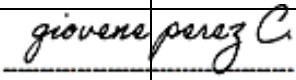
13. **Goodrich, D. et al.** (2006). Automated geospatial watershed assessment (agwa): a gis-based hydrologic modeling tool for watershed management and landscape assessment.
14. **Hernández, S. et al.** (2009). *Concepto de manejo integral de cuencas hidrográficas*. [Monografía de grado, Universidad de Oriente de Venezuela].
15. **Hoffmann, Y., & Pfister, L.** (2004). Parameterization using ArcView GIS in medium and large watershed modeling. In *GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment*.
16. **Kleidon, A.** (2020a). Biophysical limits of Earth system processes: Energy and water constraints on sustainability. *Earth System Dynamics*, 11(4), 953–969.
17. **Kleidon, A.** (2020b). What limits photosynthesis? Identifying the thermodynamic constraints of the terrestrial biosphere within the Earth system. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, 1862(1), 148303. <https://doi.org/10.1016/j.bbabi.2020.148303>
18. **Lázarte, E.** (2002). *SIG de la cuenca del río Puyango - Tumbes para la gestión de los recursos hídricos*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional de la UDEP.
19. **León, S.** (2011). *Incorporación de los principios de sustentabilidad en la actividad agrícola, en el municipio Jilotepec, Estado de México*. [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional].
20. **Mendoza, R., Yáñez, M., & Sayago, A.** (2014a). Jardines etnobotánicos como herramienta para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible. *Revista Botánica Complutense, Universidad Complutense de Madrid*.
21. **Mendoza, R., Yáñez, M., & Sayago, A.** (2014b). Jardines etnobotánicos como herramienta para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible. *Revista Botánica Complutense*, 38, 71–84.
22. **Montserrat, J.** (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de Geografía*, 19.
23. **Ovalles, Y. et al.** (2008). Ordenación de cuencas hidrográficas. Un reto al conocimiento, la acción y la gestión. *Revista Forestal Venezolana*, 52(2), 241-252.
24. **Paoloni, J.** (2013). *Una propuesta metodológica para la modelación y prospección de la sostenibilidad de las cuencas hidrográficas en la Guayana Venezolana*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña]. Repositorio Institucional de la UPC.
25. **Pérez-Blanco, C. D.** (2022). Economic Sustainability of Irrigation-Dependent Ecosystems: Conservation versus Modernization in Northeast Italy. *Water Resources Research*, 58, e2021WR030478. <https://doi.org/10.1029/2021WR030478>
26. **Pinedo, C. et al.** (2016). Caracterización geomorfológica e hidrodinámica de la subcuenca san pedro dentro del complejo hidrológico del río conchos.

Departamento de Recursos Naturales, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua.

27. **Rejas Ayuga, J.** (2011). *Análisis multitemporal mediante teledetección espacial y SIG del cambio de cobertura del suelo en el municipio de Danlí, El Paraíso, en los años 1987 -2011.* [Memoria de la XIV Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional Autónoma de Honduras].
28. **Rivera, S.** (2014). *Metodología para el análisis hidrológico de cuencas rurales de pequeñas dimensiones.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM.
29. **Rodríguez Villamizar, J.** (2015). *Sistemas multiespectrales e hiperespectrales para la observación del territorio. análisis y aplicación a la prospección de hidrocarburos.* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional de la UPM.
30. **Sánchez Carrillo, R.** (2019). Gestión integrada del agua y resiliencia social en territorios rurales. *Revista Iberoamericana de Agua*, 12(1), 55–70.
31. **Sánchez Carrillo, S.** (2012). *Etnobotánica aplicada: conservación, cultura y desarrollo sostenible.* Editorial Universitaria.
32. **Sánchez, S.** (2010). *Caracterización morfométrica y simulación de la cuenca tres valles.* [Tesis de maestría, Colegio de Posgraduados. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas de México].
33. **Santillán Nicola, D.** (2016). *Análisis multitemporal de usos y coberturas de la tierra en el período 2005-2016 en el valle de Sico-Paulaya.* [Tesis de licenciatura, Zamorano].
34. **Seghieri, J., et al.** (2015). Ethnobotanical gardens as living laboratories for biodiversity conservation in semi-arid regions. *Journal of Arid Environments*, 120, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jae.2015.03.002>
35. **Seghieri, J., Volaire, F., & Simioni, G.** (2017). Hydrological processes and vegetation resilience in semi-arid ecosystems. *Ecohydrology*, 10(3), e1823.
36. **Smits, S., Rojas, J., & Tamayo, P.** (2013). The impact of community-managed water supply services on sustainability and social cohesion. *Water Alternatives*, 6(3), 320–333.
37. **Vörösmarty, C. J., et al.** (2018). Ecosystem-Based Water Security and Sustainable Management of River Basins. *Environmental Science & Policy*, 85, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.004>
38. **Zambrana Sevilla, Y.** (2006). *Plan de manejo y gestión de la subcuenca del río San Francisco Matagalpa-Nicaragua.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional de la UNA.

ANEXOS

ANEXO 1: Hoja de registro de manantiales

HOJA DE REGISTRO DE LOS MANANTIALES			
Fecha:	Hora:	Lugar:	Referencia:
ID/Código Manantial	M00		
Georreferenciación espacial			
UTM Este (E)			
UTM Norte (N)			
Zona UTM			
Altitud (m s.n.m.)			
Instrumentos usados	Navegador GPS y glonass Garmin Etrex 32 (error mínimo de ± 3 m), plataforma Google Earth y el aplicativos como QField		
Método aplicado	Georreferenciación espacial		
Medición de caudales			
Nº Medición	Tiempo (s)	Volumen (L)	$Q = V/T$ (L/s)
1		1000cm ³	
2		1000cm ³	
3		1000cm ³	
Promedio T (s)			
Caudal promedio Q (L/s)			1000cm ³ /T(s)
Instrumentos usados	Pírex de 1000 cm ³ (HSTI 1000 ml), calibrado con una probeta de 500 ml (KLASS), y un cronómetro digital EXTECH modelo 365515		
Método aplicado	 _____ Método volumétrico $Q = V/T$ (L/s)		

Dr. Giovane Perez Campomanes

Medio Ambiente y desarrollo sostenible

CIP: 71700

ANEXO 2: Hoja de registro de caudales

HOJA DE REGISTRO DE CAUDALES																			
N° Regist ros	M es	Manantial 001		Manantial 002		Manantial 003		Manantial 004		Manantial 005		Manantial 006		Manantial 007		Manantial 008		Manantial 009	
		Cauda les instan táneo s (L/S)	Ca ud al me dio (L/ S)	Cauda les instan táneo s (L/S)	Ca ud al me dio (L/ S)	Cauda les instan táneo s (L/S)	Ca ud al me dio (L/ S)	Cauda les instan táneo s (L/S)	Ca ud al me dio (L/ S)	Cauda les instan táneo s (L/S)	Ca ud al me dio (L/ S)	Cauda les instan táneo s (L/S)	Ca ud al me dio (L/ S)	Cauda les instan táneo s (L/S)	Ca ud al me dio (L/ S)	Cauda les instan táneo s (L/S)	Ca ud al me dio (L/ S)	Cauda les instan táneo s (L/S)	Ca ud al me dio (L/ S)
1	E n e	0.514	0.5 26	0.491	0.5 00	0.477	0.4 85	0.487	0.4 95	0.539	0.5 46	0.495	0.5 01	0.451	0.4 57	0.551	0.5 58	0.505	0.5 07
2		0.537		0.507		0.495		0.503		0.554		0.510		0.464		0.566		0.496	
3		0.528		0.501		0.483		0.495		0.545		0.498		0.457		0.557		0.520	
4	F e b	0.516	0.5 04	0.545	0.5 51	0.468	0.4 73	0.485	0.4 91	0.466	0.4 72	0.490	0.4 97	0.484	0.4 91	0.547	0.5 53	0.551	0.5 47
5		0.498		0.561		0.482		0.498		0.480		0.504		0.498		0.560		0.538	
6		0.498		0.547		0.469		0.490		0.470		0.498		0.491		0.552		0.553	
7	M a r	0.504	0.5 22	0.491	0.5 03	0.525	0.5 31	0.550	0.5 57	0.561	0.5 53	0.553	0.5 60	0.552	0.5 45	0.531	0.5 23	0.513	0.5 28
8		0.536		0.517		0.542		0.565		0.545		0.567		0.538		0.516		0.548	
9		0.526		0.501		0.526		0.556		0.553		0.559		0.545		0.523		0.522	
10	A b r	0.345	0.3 39	0.328	0.3 22	0.387	0.3 81	0.352	0.3 59	0.352	0.3 59	0.350	0.3 56	0.313	0.3 19	0.346	0.3 53	0.341	0.3 34
11		0.317		0.316		0.374		0.366		0.367		0.362		0.326		0.360		0.327	
12		0.355		0.322		0.382		0.359		0.359		0.356		0.319		0.353		0.335	
13	M a y	0.264	0.2 47	0.200	0.1 94	0.267	0.2 74	0.241	0.2 49	0.212	0.2 06	0.225	0.2 31	0.255	0.2 48	0.215	0.2 22	0.260	0.2 61
14		0.239		0.187		0.283		0.257		0.199		0.239		0.241		0.229		0.246	
15		0.238		0.195		0.273		0.248		0.206		0.230		0.248		0.222		0.277	
16	J u n	0.224	0.2 30	0.197	0.1 91	0.219	0.2 12	0.188	0.1 95	0.215	0.2 21	0.210	0.2 17	0.262	0.2 69	0.199	0.2 06	0.185	0.1 80
17		0.229		0.183		0.205		0.202		0.229		0.224		0.276		0.214		0.172	
18		0.237		0.193		0.212		0.195		0.219		0.217		0.269		0.206		0.183	
19	J u l	0.247	0.2 48	0.218	0.2 24	0.239	0.2 46	0.235	0.2 42	0.244	0.2 52	0.253	0.2 60	0.233	0.2 39	0.261	0.2 68	0.193	0.2 01
20		0.242		0.230		0.252		0.249		0.260		0.267		0.246		0.276		0.213	
21		0.255		0.225		0.247		0.242		0.252		0.260		0.239		0.268		0.197	
22	A g o	0.182	0.1 87	0.184	0.1 77	0.195	0.2 01	0.200	0.2 08	0.194	0.2 01	0.191	0.1 98	0.196	0.1 90	0.167	0.1 73	0.198	0.1 87
23		0.188		0.171		0.208		0.216		0.209		0.206		0.184		0.179		0.174	
24		0.191		0.176		0.199		0.208		0.201		0.198		0.190		0.173		0.188	
25	S e t	0.218	0.2 19	0.273	0.2 65	0.225	0.2 31	0.286	0.2 78	0.186	0.1 93	0.275	0.2 67	0.237	0.2 44	0.194	0.1 88	0.228	0.2 40
26		0.231		0.257		0.239		0.271		0.200		0.261		0.251		0.181		0.256	
27		0.208		0.265		0.230		0.277		0.192		0.266		0.244		0.188		0.235	
28	O c t	0.185	0.1 80	0.210	0.2 15	0.205	0.1 98	0.268	0.2 74	0.243	0.2 50	0.208	0.2 01	0.254	0.2 61	0.210	0.2 17	0.248	0.2 61
29		0.188		0.221		0.191		0.281		0.258		0.195		0.268		0.224		0.272	
30		0.166		0.214		0.198		0.273		0.250		0.201		0.261		0.217		0.263	
31	N o v	0.227	0.2 14	0.175	0.1 82	0.198	0.2 03	0.247	0.2 39	0.182	0.1 76	0.198	0.2 05	0.190	0.1 97	0.202	0.2 08	0.260	0.2 54
32		0.210		0.188		0.210		0.230		0.170		0.212		0.205		0.215		0.244	
33		0.205		0.183		0.201		0.240		0.176		0.205		0.197		0.208		0.258	
34	D i c	0.347	0.3 45	0.391	0.3 84	0.345	0.3 38	0.358	0.3 65	0.359	0.3 66	0.318	0.3 25	0.344	0.3 50	0.365	0.3 59	0.324	0.3 32
35		0.347		0.376		0.330		0.372		0.374		0.332		0.357		0.353		0.335	

36	0.341	0.385	0.339	0.365	0.365	0.325	0.349	0.360	0.337
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

ANEXO 3: Prueba Alfa de Cronbach (Registro de caudales)

Análisis de fiabilidad en SPSS

Resumen del procesamiento de los casos

		N	%
Casos	Válidos	36	100,0
	Excluidos ^a	0	,0
	Total	36	100,0

a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
,995	,996	9

ANEXO 4: Hoja de calificación de ítems

HOJA DE CALIFICACIÓN DE ÍTEMS			
Dimensión / Variable	Ítem (pregunta)	Escala de valoración	Puntuación
Oferta hídrica (V1)	1. ¿Cómo calificaría la disponibilidad actual de agua (caudal) para el desarrollo sostenible a través del parque etnobotánico?	1 = Baja (insuficiente) 2 = Media (adecuado con limitaciones) 3 = Alta (suficiente para todas las actividades)	
Desarrollo sostenible (V2): Sostenibilidad ambiental (V2a)	2. ¿Cómo califica el grado de influencia de la oferta hídrica en la eficiencia fotosintética de las plantas del parque etnobotánico?	1 = Muy baja 2 = Baja 3 = Media 4 = Alta 5 = Muy alta	
	3. ¿Qué tan determinante es la oferta hídrica para el mantenimiento adecuado de la calidad paisajística del parque etnobotánico?	1 = Muy bajo 2 = Bajo 3 = Medio 4 = Alto 5 = Muy alto	
	4. ¿En qué medida la oferta hídrica afecta el equilibrio ecológico del parque etnobotánico?	1 = Nada 2 = Poco 3 = Moderadamente 4 = Bastante 5 = Totalmente	
Desarrollo sostenible (V2): Sostenibilidad económica (V2b)	5. ¿Cómo evalúa usted la influencia de la oferta hídrica en el diseño y dimensionamiento de la infraestructura sostenible del parque etnobotánico?	1 = Nula 2 = Baja 3 = Media 4 = Alta 5 = Muy alta	
	6. ¿Qué tan alto considera el potencial hortícola apoyado por la oferta hídrica?	1 = Muy bajo 2 = Bajo 3 = Medio 4 = Alto 5 = Muy alto	
	7. ¿En qué medida cree usted que la oferta hídrica favorece el turismo sostenible en el parque etnobotánico?	1 = Nada 2 = Poco 3 = Moderadamente 4 = Bastante 5 = Mucho	
Desarrollo sostenible (V2): Sostenibilidad social (V2c)	8. ¿Cuál es el nivel de influencia de la oferta hídrica en la participación comunitaria de la población en actividades relacionadas al parque etnobotánico?	1 = Nula 2 = Baja 3 = Media 4 = Alta 5 = Muy alta	
	9. ¿Cómo calificaría la satisfacción general de la comunidad relación a la oferta hídrica disponible?	1 = Muy insatisfecho 2 = Insatisfecho 3 = Neutral 4 = Satisfecho 5 = Muy satisfecho	



UNMSM

Firmado digitalmente por MELENDEZ DE LA CRUZ JUAN FELIPE
 DE LA CRUZ JUAN FELIPE FAU
 2014092202 soft
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 20.09.2025 12:28:04 -05:00

MELENDEZ DE LA CRUZ JUAN FELIPE
 DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
 COLEGIO DE GEOGRAFOS DEL PERU: NRO. 15

Dr. Denis Enrique Cruces Aguirre
 CGP-013

ANEXO 5: Data de registro de encuestas

ID Encuestado	Oferta hídrica (V1)	Eficiencia fotosintética (V2a1)	Calidad paisajística (V2a2)	Equilibrio ecológico (V2a3)	Sostenibilidad ambiental (Sa)	Infraestructura sostenible (V2b1)	Horticultura sostenible hortícola (V2b2)	Turismo sostenible (V2b3)	Sostenibilidad económica (Se)	Participación comunitaria (V2c1)	Satisfacción comunidad (V2c2)	Sostenibilidad social (Ss)
1	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
3	3	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	
4	3	5	5	5	5	3	4	5	4	4	4	
5	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
6	3	4	4	3	4	5	4	4	4	5	5	
7	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	
8	3	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	
9	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	
10	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	
11	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	
12	2	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	
13	3	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	
14	1	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	
15	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	
16	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	
17	3	5	5	5	5	4	4	5	4	5	4	
18	3	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	
19	2	4	3	4	4	3	4	3	3	3	4	
20	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
21	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
22	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
23	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
24	3	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	
25	3	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4	
26	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
27	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
28	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	
29	3	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	
30	3	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	
31	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	
32	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
33	3	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	
34	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	
35	3	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5	

36	3	5	5	4	5	4	4	4	4	5	4	
37	2	4	3	4	4	3	3	3	3	4	3	
38	1	2	3	3	3	2	5	3	3	2	2	
39	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	
40	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	
41	1	2	3	3	3	2	5	3	3	2	2	
42	3	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	
43	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
44	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
45	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	
46	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	
47	3	4	4	3	4	4	4	4	4	5	4	
48	3	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	
49	3	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	
50	3	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	
51	3	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4	
52	3	4	4	3	4	5	4	5	5	4	4	
53	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
54	3	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	
55	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
56	3	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4	
57	3	4	4	5	4	5	5	5	5	4	4	
58	2	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	
59	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	
60	3	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	
61	3	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	
62	3	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	
63	3	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	
64	1	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	
65	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	
66	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	
67	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
68	3	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	
69	3	4	4	5	4	5	4	4	4	5	4	
70	3	5	4	5	5	4	5	4	4	5	5	
71	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
72	3	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	
73	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	
74	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
75	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	
76	3	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	
77	1	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	
78	3	4	4	5	4	5	4	4	4	5	4	
79	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	

ANEXO 6: Prueba Alfa de Cronbach (Registro de encuestas)

Prueba de fiabilidad en SPSS

Escala: TODAS LAS VARIABLES

Resumen del procesamiento de los casos

	N	%
Válidos	130	100,0
Casos Excluidos ^a	0	,0
Total	130	100,0

a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
,974	,976	10

Estadísticos de resumen de los elementos

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo/mínimo	Varianza	N de elementos
Medias de los elementos	4,083	2,638	4,362	1,723	1,653	,264	10
Varianzas de los elementos	,897	,481	1,060	,580	2,206	,028	10

ANEXO 6: Relación de expertos

Especialista consultado	Nombres y apellidos/Área de especialidad	Celular/correo	Institución
E01	Mg. Yorgan Alim Diaz Huayanca CIP: 058248 Ingeniero Agrónomo	932109315 yoyganalim2173@gmail.com	Unidad Ejecutora Gestión de Proyectos Sectoriales- MIDAGRI
E02	Dr. Geovene Pérez Campomanes Hidráulica.	992644299 gpcampomanes@ucvvirtual.edu.pe	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
E03	Mg. Pedro Tipula Tipula Turismo rural comunitario	993273334 ptipulaibc@gmail.com	Coordinación- SICCAM del Instituto del Bien Común
E04	Mg. Cesar E. Carrera Saavedra Planificación territorial	966712674 ccarreras@unmsm.edu.pe	Unidad de Planificación Territorial – DA C. Geográfica-Universidad Nacional Mayor de San Marcos
E05	Mg. Katherine Narcisa Padilla Baño 1014-2018-200-2000 Ingeniera Agrónoma / Ambiental	+593980783591 katherine.padilla@cnel.gob.ec	Universidad Técnica Estatad de Quevedo- Ecuador.
E06	Dr. Juan Felipe Meléndez de la Cruz Ecología de ecosistemas altoandinos	9451987469 jmelendezd@unmsm.edu.pe	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
E07	Dr. García Rivero Alberto Enrique Turismo vivencial y guiado	938993454 albertoenrique.garcia@unmsm.edu.	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
E08	Dr. Geovene Pérez Campomanes Gestión de recursos hídricos	992644299 gpcampomanes@ucvvirtual.edu.pe	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
E09	Dr. Alex Gabriel Quispe Mera Educación ambiental	+593992654636 Alex.quispe@utelvt.edu.ec	Ciencias Agropecuarias- Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador
E10	Mg. Alexander Montero Pérez Economía rural y turismo sostenible	996198920 amontero@minam.gob.pe	Dirección General de OT Ministerio del Ambiente Perú.

ANEXO 7: Informe de originalidad (Turnitin)



Anexo 1 CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, doctor CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la UPG N° 000392-2025-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es «ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE IHUARI, COMO CONTRIBUCION AL DESARROLLO SOSTENIBLE, EN TORNO AL PARQUE ETNOBOTÁNICO COMUNAL, EN HUARAL- LIMA 2025», presentado por la **magíster** BEATRIZ GINA HERENCIA FELIX, para optar el grado académico de DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES, **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **09%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado académico de DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES.

Lima, 02 de Febrero de 2026

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: Carlos Francisco Cabrera Carranza

DNI: 17402784

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor, título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

ANEXO 9: Panel fotográfico



