

INDICADORES BIOFÍSICOS, SOCIO-ECONÓMICOS E INSTITUCIONALES Y
DESARROLLO DE POLÍTICAS DE MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA EN UNA ZONA
SECA DE LOS ANDES CENTRALES DEL ECUADOR. CASO DE ESTUDIO DE LA
CUENCA DEL RIO AMBATO

Remigio Galárraga Sánchez (1), Carlos Guamán Ríos (2), Elena Abraham (3) y
Mario Salomón (4)

(1) *Ing., Esp., M.Sc., Ph.D. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Postgrado en Ingeniería de los Recursos Hídricos y Ciencias del Agua. Escuela Politécnica Nacional. Ladrón de Guevara E11-253. Apartado Postal 17-01-2759. Quito, Ecuador. Tel: (593 2) 2228-113. e-mail: remigala@server.epn.edu.ec*

(2) *Ingeniero Civil. e-mail: crgrios@hotmail.com*

(3) *Lic. Esp. Laboratorio de Desertificación y Ordenamiento Territorial LADYOT. Instituto Argentino de Investigación de las Zonas Áridas. E mail: abraham@lab.cricyt.edu.ar*

(4) *Lic. MSc. Asociación de Inspecciones de Cauces 1º Zona Río Mendoza. E mail: asicprimerazona@asicprimerazona.com.ar*

Resumen

A partir de la determinación de los principales problemas ambientales, socio-económicos e institucionales en zonas secas de la cuenca alta del río Ambato, se lleva a cabo el cálculo de los indicadores a través del protocolo de los indicadores. Dentro de los indicadores ambientales calculados están los de cantidad de agua meteórica a través de los índices de Fournier modificado, índice de Fournier, índice de concentración de precipitación de cada año; disponibilidad del agua a través del índice de aridez y déficit hídrico. La calidad del agua se basa en los siguientes parámetros: turbiedad, DBO, DQO, arsénico, coliformes fecales, coliformes totales, pH, amonio. Además se considera el parámetro de desempeño ambiental (PDA). El suelo es analizado a través de su conformación como las características externas e internas y a partir de estas características evaluar a que clase de tierra pertenece el suelo. Los indicadores de vegetación se fundamentan en el aspecto fisonómico considerando los tipos de estratos como arbóreo, herbáceo y arbustivo. El indicador de presión o uso del suelo se fundamenta en la aplicación agrícola y/o ganadera que da el usuario de los recursos. Los indicadores socioeconómicos toma como unidad de análisis a los usuarios que pertenecen a las juntas de agua, los indicadores calculados en esta temática son: coeficiente de entrada general ficticio, tiempos de entrega, abastecimiento y frecuencia de turnado; estado de la infraestructura, tipo de la infraestructura, bienestar relativo de la población. En los indicadores institucionales de igual forma la unidad de análisis son los usuarios que pertenecen a las juntas de agua, entre los indicadores calculados están: institucionalidad de la organización, recaudación, conflictos. Finalmente con la descripción sistemática y organizada de la nueva información generada con los indicadores, se determina las principales políticas como capacitación y educación de tal manera que al ser ejecutadas permitirá incrementar los ingresos económicos pero conservando los elementos del medio ambiente como el agua, suelo y vegetación.

Palabras clave: Indicadores, Zonas Secas, Andes Centrales, Ecuador.

Introducción

La cuenca del río Ambato, ubicada mayoritariamente en la Provincia de Tungurahua, viene atravesando a través de los años, una problemática social causada, principalmente, por la falta de regularidad de las precipitaciones y caudales, lo que ha causado un deterioro de las condiciones de vida de la población.

La problemática ambiental general de la cuenca es profunda y merece conocerse sus orígenes para, en base a indicadores de desempeño social, económico, biofísico, ambiental, e institucional, dictar las medidas correctivas y buscar una mejora de las condiciones de vida de la población asentada en esta cuenca, y definir de mejor manera los índices que permitan extrapolar estos resultados a otras áreas problemáticas del país.

La definición de indicadores, inicia con la determinación de los problemas ambientales, socioeconómicos e institucionales, en la cuenca alta del río Ambato, donde, el principal problema ambiental es la degradación del agua, suelo y vegetación; el problema socioeconómico es el bajo nivel de instrucción y el problema institucional es la deficiente gestión del conocimiento.

A partir de esta descripción se definirán los indicadores en las diferentes temáticas y para cada indicador se establece su protocolo. Cabe destacar que la principal fuente de información para la recopilación de los datos de este estudio proviene del Inventario y Diagnóstico del Recurso Hídrico de la Provincia de Tungurahua.

Objetivos

Objetivos Generales

Calcular los indicadores ambientales para evaluar las condiciones de uso del agua en zonas secas de la Cuenca Alta del Río Ambato. Definir las políticas de uso sustentable en esta región para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Objetivos específicos

Evaluar las condiciones meteorológicas, hidrológicas y socioeconómicas del sector de la cuenca alta y media del río Ambato.

Elaborar diagnósticos sectoriales e intersectoriales del área de estudio.

Realizar directrices y propuestas para el uso sustentable de los recursos hídricos en esta zona.

Metodología

El diagnóstico del área de estudio está caracterizado por indicadores porque constituyen las características propias de un concepto (Villalba, 2003), además, según Winograd (AÑO?) un indicador es una herramienta que ayuda a simplificar, cuantificar, analizar y comunicar a diferentes sectores de la sociedad, fenómenos complejos (Cevallos y Ospina, 1999). Cada uno de los indicadores se basan en una definición conceptual y una definición operacional, donde la primera consiste en un sistema teórico que define el término o variable con otros términos y la segunda definición es el conjunto de procedimientos que describe las actividades que indican la existencia del concepto teórico (Villalba, 1999).

En la definición de los indicadores, se define las unidades de análisis para cada temática. En el aspecto ambiental los elementos son: el agua, el suelo y la vegetación. En el aspecto socioeconómico e institucional, la unidad de análisis es el usuario que pertenece a la junta de agua.

Los indicadores ambientales consisten en el diagnóstico de la cantidad de agua meteórica cuyas formas de medir son: el Índice de Fournier Modificado, Índice de Fournier, Índice de Concentración de Precipitación de cada año, Disponibilidad del agua a través del Índice de aridez, y el Déficit Hídrico.

La calidad del agua se fundamenta en los parámetros físicos, químicos y biológicos como: turbiedad, DBO, DQO, arsénico, coliformes fecales, coliformes totales, pH, amonio, calidad total del agua.

Para la evaluación del suelo los indicadores se basan en las características externas (pendiente, relieve, morfodinámica) e internas (textura, profundidad, pedregosidad, pH, materia orgánica).

Los indicadores socioeconómicos definidos van de acuerdo al uso del agua, estado de la infraestructura, tipo de infraestructura, inversión en la infraestructura, bienestar relativo de la población, índice de estrés poblacional, valor bruto de la producción, valor de la producción y volumen de agua aplicado, costos de riego por unidad de superficie, margen bruto por volumen de agua aplicado.

Los indicadores institucionales son definidos considerando como unidad de análisis a los usuarios, representado por una organización como es la junta de agua. Es así que para esta organización los indicadores son: participación de los usuarios, desarrollo y consolidación de la organización, conflictos por el uso, manejo y administración del agua, calidad de la administración del recurso hídrico en una unidad hidrográfica y junta de agua, institucionalidad de la organización, y recaudación.

INDICADORES AMBIENTALES

CANTIDAD DE AGUA METEÓRICA

Uno de los indicadores calculado es el Índice de Fournier Modificado, expresando la agresividad de las lluvias (CAZALAC, 2004). Este índice muestra la siguiente forma matemática:

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P} \quad (\text{Arnoldus, 1980})$$

p_i = precipitación mensual (mm)

P = precipitación anual (mm)

Existen otros índices que permiten la evaluación de la agresividad y distribución de las lluvias que se pueden mencionar.

- Índice de Fournier (1960)

$$IF = \frac{p_{\max}^2}{P}$$

p_{\max} : Precipitación del mes más lluvioso (mm)

P : Precipitación media anual (mm)

- Índice de Concentración de la Precipitación (ICP) de cada año

$$ICP = 100 \frac{\sum p_i^e}{P^e}$$

p_i : precipitación mensual (mm)
 P : precipitación media anual (mm)

Para cada uno de los indicadores calculados se establece una escala referencial, en el caso de los índices mencionados, el lugar establecido como referencia son las tierras secas de la unidad hidrográfica del río Colorado (Fotografía 1), cuya estación meteorológica representativa es M599. Con esta consideración la escala referencial se muestra en la tabla 1.

Fotografía 1: Tierras Secas - Cuenca Alta del Río Ambato

Tabla 1: Escala Referencial

	Escala referencial	Intervalo	Descripción
Índice de Fournier Modificado	0	Va más de 53,28	Exposición baja
	1	Va de 52,07 a 53,28	Exposición media
	2	Va menos de 52,07	Exposición alta
Índice de Fournier	0	Va más de 235,82	Exposición baja
	1	Va menos de 235,82	Exposición alta
Índice de Concentración de Precipitación	0	Va más de 2,36	Exposición baja
	1	Va menos de 2,36	Exposición alta

Posteriormente el cálculo de los indicadores de las estaciones ubicadas en el área de estudio y de acuerdo a la escala referencial es como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Índices

Estación	Índice de Fournier Modificado		Índice de Fournier		Índice de Concentración de Precipitación	
	IFM	ER	IF	ER	ICP	ER
M258 r	52,14	1	10,26	1	1,60	1
M382 r	52,07	1	150,14	1	1,43	1
M390	85,41	0	125,42	1	1,57	1
M599	53,28	1	235,82	1	2,36	1
0: Exposición baja 1: Exposición media 2: Exposición alta			0: Exposición baja 1: Exposición alta			

r : Serie rellenada

DISPONIBILIDAD DE AGUA

Con la disponibilidad del agua se pretende obtener la evaluación e identificación de variables climáticas para crear un índice de deficiencia y excedencia de agua que evalúe la relación entre el agua que entra al sistema y que sale de este (CAZALAC, 2004).

El Índice que permite definir los períodos de deficiencia y excedencia climática de agua en un período específico está relacionado básicamente con la precipitación y la evapotranspiración de referencia en el sistema considerado (CAZALAC, 2004; UNEP, 1997).

$$\frac{P_m}{ET_o}$$

P_m : Precipitación media del período

ET_o : Evapotranspiración de referencia del período

Para obtener la evapotranspiración (ET_o) se utiliza el método de Penman-Monteith como referencia para el cálculo de ésta, utilizando como método auxiliar al método de Thornthwaite, cuya ventaja es que se considera que la ET_o está fundamentalmente en función de la temperatura y la latitud. Este indicador es usado por la UNCCD (CAZALAC, 2004).

Los cocientes determinados de la relación precipitación/evapotranspiración potencial se denomina índice de aridez, y sus valores se establecen en la tabla 3.

Tabla 3: Índice de Aridez

Intervalos de Clase	Descripción
Menor a 0.05	Hiperárido
0.05 a 0.20	Árido
0.20 a 0.45	Semiárido
0.45 a 0.70	Subhúmedo seco
Mayor a 0.70	Subhúmedo húmedo

Fuente: CAZALAC. Caracterización y Delimitación de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas de América Latina y el Caribe, 2004.

El índice de aridez calculado para el área de estudio es como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4: Índice de Aridez – Área de Estudio

UNIDAD HIDROGRAFICA	AREA (km ²)	Pmed (mm/año)	ETPmed (mm/año)	Dhmed (mm/año)	Índice de Aridez	
Río Colorado	163,6	802	600	208	1,34	Subhúmedo húmedo
Río Blanco	37,9	804	600	226	1,34	Subhúmedo húmedo
Qda. Shihuay Huaycu	50,7	1153	600	534	1,92	Subhúmedo húmedo
Río Calamaca	106,4	1152	600	533	1,92	Subhúmedo húmedo
Río Alajua	123,3	895	611	270	1,46	Subhúmedo húmedo

Fuente: HCPT, *et al.* Inventario y Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Ambato. 2004.

Otro índice complementario es el déficit hídrico cuya forma es:

$$DH = P - ET_o$$

El índice para la unidad hidrográfica del río Colorado es 202 mm/año, y tomando como límite por las razones expuestas, se determina la escala referencial

Tabla 5: Déficit Hídrico – Escala Referencial

Escala referencial	Intervalo	Descripción
0	Va más de 202	Exposición baja
1	Va menos de 202	Exposición alta

El déficit hídrico en cada una de las unidades hidrográficas corresponde una de exposición baja.

Tabla 6: Déficit Hídrico – Área de Estudio

UNIDAD HIDROGRAFICA	AREA (km ²)	Pmed (mm/año)	ETPmed (mm/año)	DHmed (mm/año)	P-ETP (mm/año)	ER
Río Colorado	163,6	802	600	208	202	0
Río Blanco	37,9	804	600	226	204	0
Qda. Shihuay Huayco	50,7	1153	600	534	553	0
Río Calamaca	106,4	1152	600	533	552	0
Río Alajua	123,3	895	611	270	284	0
0: Exposición baja						
1: Exposición alta						

Fuente: HCPT, *et al.* Inventario y Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Ambato. 2004.

CALIDAD DEL AGUA

El análisis de la calidad del agua en la cuenca alta del río Ambato, se fundamenta en los datos de los puntos de muestreo en el área de estudio. Los puntos de muestreo analizados son:

- Río Ambato (T1): Representa la calidad del agua antes de la captación del canal de riego Ambato – Huachi – Pelileo.
- Río Alajua (T4): El río Alajua abastece el agua potable para la ciudad de Ambato.
- Río Quero (T18): Representa la cuenca media del río Pachanlica.
Descarga Mochapata (T21): Tomada a la salida de las aguas tratadas de la Planta de Filtros Biológicos de la parroquia de Mochapata.
- Río Mocha (T22): Representa la parte alta de la microcuenca del río Pachanlica, permite conocer la calidad de las aguas del río en el sector del páramo, antes de recibir significativos niveles de cargas contaminantes.

De los cuales toman como parámetros de análisis a la turbiedad, DBO, DQO, arsénico, coliformes fecales, coliformes totales, pH, amonio; porque son de mayor uso, acceso, fácil medición y difusión.

Tabla 7: Indicadores de Calidad del Agua

PARAMETRO	UNIDAD	P. F. F. LIMITE MÁXIMO	AP – TC LIMITE MÁXIMO	UA LIMITE MÁXIMO	LD-CAD LIMITE MÁXIMO	Puntos de Muestreo – Escala Referencial (ER)					
						T1	ER	T4	ER	T18	ER
Turbiedad.*	UTN.		100			6,4	0			1, 3	0
DBO 5 .*	mg / l.		2. 0	150		2	0	1	0	13	1
DQO.*	mg / l.				250	59	0	74	0	55	0
Arsénico.**	mg / l.	0, 05	0, 05	0, 1		1.2 ug/ l	0			1 ug/ l	0
Coliformes Fecales.*	NMP/ 100ml	200	600			3	0			> 460	1
Coliformes Totales.*	NMP/ 100ml		3000	1000		3	0			> 460	1
pH*	mg / l.	5 – 9	6 – 9	6 – 9		8,56	0			7, 87	0
Amonio*	mg / l.	0. 02	0. 05			0,08	1			6, 25	1

0: No supera el límite permisible
1: Supera el límite permisible

Tabla 8: Indicadores de Calidad del Agua

PARAMETRO	UNIDAD	P. F. F. LIMITE MÁXIMO	AP – TC LIMITE MÁXIMO	UA LIMITE MÁXIMO	LD-CAD LIMITE MÁXIMO	Puntos de Muestreo – Escala Referencial (ER)			
						T21	ER	T22	ER
Turbiedad.*	UTN.		100			2, 5	0	1, 4	0
DBO 5 .*	mg / l.		2. 0	150		28	1	1	0
DQO.*	mg / l.				250	146	0	34	0
Arsénico.**	mg / l.	0, 05	0, 05	0, 1		0.5 ug/ l	0	0.5 ug/ l	0
Coliformes Fecales.*	NMP/ 100ml	200	600			> 460	1	Ausencia	0
Coliformes Totales.*	NMP/ 100ml		3000	1000		> 460	1	Ausencia	0
PH*	mg / l.	5 – 9	6 – 9	6 – 9		7,89	0	8,27	0
Amonio*	mg / l.	0. 02	0. 05			141	1	0,06	1

0: No supera el límite permisible
1: Supera el límite permisible

* Fuente: Laboratorio del Centro de Investigaciones y Control Ambiental. Escuela Politécnica Nacional. Quito, 2004.

** Fuente: Laboratorio de Metalurgia Extractiva. Escuela Politécnica Nacional. Quito, 2004.

P. F. F.	Preservación de la flora y fauna
AP – TC	Agua potable - tratado y consumo
UA	Uso agrícola
LD - CAD	Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce
ER	Escala referencial

Fuente: HCPT, et al. Inventario y Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Ambato. 2004.

Parámetro de Desempeño Ambiental (PDA)

El PDA evalúa la contaminación que se produce en el agua como causa de las actividades humanas. El parámetro seleccionado compara los valores de cada variable en un punto determinado con los valores del punto aguas arriba. De esta

manera se determina que factores afectan la calidad del agua. La ecuación sugerida por la IWMI (Internacional Water Management Institute) para el PDA es:

$$PDA = \frac{\text{Valor en el punto} - \text{Valor en el punto aguas arriba}}{\text{Valor puntos aguas arriba}}$$

La escala referencial del PDA se indica en la siguiente tabla:

Tabla 9: Escala Referencial

Valores del parámetro PDA	Clasificación
Menor de 1	Buena (B)
Igual a 1	Regular (R)
Entre 1.01 a 3.2	Mala (M)
Mayor de 3.2	Muy mala (MM)

Fuente: Chambouleyron, J. Evaluación del Uso del Agua en Mendoza a través de Parámetros de Desempeño, 1996.

En el área de estudio el PDA es calculado para todos los parámetros disponibles en el inventario.

Tabla 10: Parámetro de Desarrollo Ambiental – Área de Estudio

PARAMETRO	UNIDAD	Punto Aguas Arriba	Punto Analizado	Punto Analizado	Puntos	PDA	Puntos	PDA
		T22	T18	T20	T22 - T18		T22 - T20	
Amonio*	mg / l.	0,06	6,25	9	103,17	MM	149,00	MM
Cloruros.*	mg / l.	8,5	27	44,5	2,18	M	4,24	MM
Coliformes Fecales.*	NMP/ 100ml	Ausencia	>460	150		B		B
Coliformes Totales.*	NMP/ 100ml	Ausencia	>460	150		B		B
Color aparente.*	mg / l.	60	80	111	0,33	B	0,85	B
DBO 5 .*	mg / l.	1	13	29	12,00	MM	28,00	MM
DQO.*	mg / l.	34	55	103	0,62	B	2,03	M
Dureza cálcica (CaCO 3).*	mg / l.	48	72	37	0,50	B	-0,23	B
Dureza Total. (CaCO 3).*	mg / l.	96	186	238	0,94	B	1,48	M
Fosfatos (PO4 -3).*	mg / l.	2,26	3,08	0,71	0,36	B	-0,69	B
Hierro Total (Fe +3).*	mg / l.	1,33	0,76	0,59	-0,43	B	-0,56	B
Nitratos (NO 3-)*	mg / l.	0,6	1,1	0,3	0,83	B	-0,50	B
Nitritos (NO 2-)*	mg / l.	0,01	0,06	0,01	5,00	MM	0,00	B
PH*	mg / l.	8,27	7,87	7,78	-0,05	B	-0,06	B
Sólidos totales.*	mg / l.	196	464	640	1,37	M	2,27	M
Sulfatos (SO4 -2).*	mg / l.	32,85	124,97	268,57	2,80	M	7,18	MM
Turbiedad.*	UTN.	1,4	1,3	6,8	-0,07	B	3,86	MM
Magnesio.**	mg / l.	4,63	6,12	6,18	0,32	B	0,33	B
Calcio.**	mg / l.	0,88	2,07	7,76	1,35	M	7,82	MM
Sodio.**	mg / l.	11,51	58		4,04	MM	-1,00	B
Bario.**	mg / l.	<0. 1	<0. 1	<0. 1		B		B
Arsénico.**	mg / l.	0. 5 ug/ l	1. 0 ug/ l	0. 3 ug/ l	1,00	R	-0,40	B

Fuente: HCPT, et al. Inventario y Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Ambato. 2004.

INDICADORES DE VEGETACION Y USO DEL SUELO

El uso del suelo se evalúa junto a la vegetación, ya que la fisonomía y cobertura de recubrimiento de la vegetación natural o introducida representa un indicador clave para evaluar los estados de uso y presión de las actividades del hombre sobre soporte físico biológico (Salomón, 2002). La definición de los indicadores de la vegetación se basa en la fisonomía de la misma; clasificación de las principales formaciones y estratos. Básicamente se parte de los estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo y de la siguiente escala referencial para calificar la cantidad de estratos y combinaciones de estratos.

Tabla 11: Vegetación – Escala Referencial

ER	Cantidad de estratos	Combinaciones
0	Tres estratos	Arbóreo + Arbustivo + herbáceo
1	Dos estratos	Arbóreos cualquiera estrato - Arbustivo + cualquier estrato
2	Un estrato	Un solo estrato
3	Sin estrato	Sin estrato

Se considera como indicador de vegetación de la cobertura vegetal como el porcentaje de ocupación de los estratos, relacionando el recubrimiento de todas las especies existentes. Para observar el uso del suelo se utiliza el Indicador de Presión, el mismo que presenta la siguiente escala referencial.

Tabla 12: Uso del suelo – Escala Referencial

0	Natural (0) ej. 1 a 1 Bosque natural, 1 a 2 Bosque plantado1c almohadillas, pajonal de páramo, 1arbustiva natural (si uso es natural)
1	Agrícola genera biomasa y productividad Ej. Pasto plantado, cultivos
2	Ganadería autóctona (vicuñas)
3	Ganadería introducida (Pastoreo ganado mayor y menor, ovejas)

Los indicadores de cobertura vegetal y uso del suelo, para una de las unidades hidrográficas de la cuenca alta se describe en la siguiente tabla:

Tabla 13: Indicadores Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

Unidad Hidrogr.	Unidades de Caracteriz.	Descripción	Cobertura Vegetal - Uso del Suelo						
			Cobertura Vegetal	Proporción %	Ca	Co	Uso del suelo	ER	Altura [msnm]
Río Alajua	Río Casahuala (Toma de la acequia Alta Fernández)	Es paisaje natural de páramo	Pajonal / Vegetación arbustiva	70/30	1	1			
			Almohadillas / Vegetación arbustiva	70/30	1	1			
	Quebrada Tingo (Toma de la acequia Primera Coronaria)	Como un paisaje cultural intervenido	Pajonal degradado	100	2	2			3720
			Pajonal /vegetación arbórea	70/30	1	1			3720
			Pasto natural	100	2	2	Ganadería 20cab/ha	3	3720

Quebrada Casahuala	un paisaje natural de páramo	Pajonal /Almohadillas /Bosque natural	60/20/20	1	1			
Río Chico	un paisaje cultural intervenido	Pajonal /vegetación arbustiva /cultivos	60/20/20	1	1	Pastoreo de ovejas	3	3630
Río Pumagua	un paisaje agrícola	Cultivos /vegetación arbustiva	70/30	2	2	Agrícola	1	3590
Río Chontarrumi	un paisaje cultural intervenido	Cultivos de habas, cebada	70/30	3	3	Agrícola	1	3490

Ca: Cantidad de estratos

Co: Combinaciones

ER: Escala referencial

Fuente: HCPT, *et al.* Inventario y Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Ambato. 2004.

INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

Coefficiente de Entrada General Ficticio

El coeficiente esta definido de la siguiente manera:

Coeficiente de entrega general ficticio = Caudal concedido / área actual bajo riego.

La escala referencial y ajustada para este indicador es la siguiente:

Tabla 14: Coeficiente de entrada general ficticio

Intervalo	Descripción
1 a 1,5	Óptimo
0,85 a 1	Alto
0,5 a 0,85	Bajo
< 0,5	Muy Bajo

Fuente: Asociación Primera Zona Río Mendoza. Subdelegación Río Mendoza, 2002

Para el área de estudio, este indicador es aplicable por la disponibilidad de datos obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 15: Coeficiente de entrada general ficticio

Unidad Hidrográfica	Coeficiente de entrada general ficticio [l/s/ha]	
Río Blanco	0.28	Muy Bajo
Río Alajua	0.17	Muy Bajo
Río Calamaca	0.54	Bajo
Río Colorado	0.47	Muy Bajo
Alta del Río Pachanlica	0.47	Muy Bajo

Tiempos de Entrega, abastecimiento y frecuencia de turnado

A través de este indicador se puede medir la longitud de frecuencia entre turnos y la forma de abastecimiento. La aplicación de este indicador en la información del inventario el recurso hídrico de la provincia, para el área de estudio, da los siguientes resultados:

Tabla 16: Tiempo de entrega, abastecimiento y frecuencia de turnado

Unidad Hidrográfica	Escala referencial	
	0	1
Río Blanco	40.0%	60.0%
Q. Shihuay Huaycu	0.0%	100.0%
Río Alajua	29.6%	70.4%
Río Calamaca	50.0%	50.0%
Río Colorado	27.6%	72.4%
Alta del Río Pachanlica	12.1%	87.9%
0: Riega siempre (a la demanda) y se abastece en forma total. 1: Riega con frecuencias de turnado (a la oferta) y se abastece en forma parcial		

Estado de la Infraestructura

La aplicación de este indicador se limita a la disponibilidad de datos, y es importante su evaluación nominal porque permite conocer el estado de la estructura (conducciones principales) y señalar si requiere mejoras. Aplicada al área de estudio, muestra los siguientes resultados:

Tabla 17: Estado de la Infraestructura

Unidad Hidrográfica	Escala referencial	
	0	1
Río Blanco	12.5%	87.5%
Q. Shihuay Huaycu	0.0%	100%
Río Alajua	8.0%	92%
Río Calamaca	16.7%	83.3
Río Colorado	0.0%	100%
Alta del Río Pachanlica	3.0%	97.0%
0: No requiere mejoras. 1: Si requiere mejoras.		

Tipo de Infraestructura

El tipo de la infraestructura está relacionada con la técnica de riego; aplicada en el área de estudio a través de los datos del inventario del recurso hídrico de la provincia, se observa tres técnicas de riego como son la aspersión, goteo y gravedad, siendo la última la que se aplica a mayor escala.

Tabla 18: Tipo de la Infraestructura

Unidad Hidrográfica	Escala referencial			
	0	1	2	3
Río Blanco	0.0%	0.0%	100%	
Q. Shihuay Huaycu	0.0%	0.0%	100%	
Río Alajua	8.6%	0.0%	90.9%	
Río Calamaca	7.5%	0.0%	92.5%	
Río Colorado	0%	0.0%	100%	
Alta del Río Pachanlica	0.7%	0.0%	99.3%	
0: Riego por aspersión 1: Riego por goteo		2: Riego por gravedad 3: Sin infraestructura		

BIENESTAR RELATIVO DE LA POBLACIÓN

El bienestar relativo de la población permite medir el impacto de la gestión de riego en una determinada zona (Chambouleyron, 1999), y su forma esta dada por:

$$BRP = \frac{\text{Porcentaje de hogares del área de riego con NBI}}{\text{Porcentaje de hogares de la provincia con NBI}}$$

Donde: NBI es igual a Necesidades Básicas Insatisfechas.

El bienestar relativo de la población consiste en medir el impacto o efecto multiplicador de la productividad agrícola bajo riego sobre la calidad de vida de la población. Si el valor es 1, el BRP es óptimo. Cuando el valor es mayor que 1 indicaría que la población analizada esta en condiciones de pobreza por encima del valor de la provincia y si el valor es menor a 1 significa que hay una pobreza de la zona menor que la provincia (Chambouleyron, 1999). En el caso del área de estudio los resultados son como se muestra en la tabla 19:

Tabla 19: Bienestar Relativo de la Población

	Ambato	Mocha	Quero	Tisaleo	Cevallos
Porcentaje de hogares con NBI – Área de estudio	0.5	0.8	0.9	0.9	0.7
Porcentaje de hogares con NBI – Provincia	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
BRP	0.9	1.3	1.4	1.4	1.2

Fuente: SIISE- Sistema Integrado de indicadores Sociales del Ecuador., 2005
http://www.frentesocial.gov.ec/siise/p_Censo%202001/18.htm

INDICADORES INSTITUCIONALES

Institucionalidad de la Organización

Se trata de evaluar el desempeño de las organizaciones administradoras del recurso hídrico en el área de estudio, los datos para generar esta información son los disponibles del inventario, de tal manera que los resultados son los siguientes:

Tabla 20: Institucionalidad

Unidad Hidrográfica	Escala referencial			
	0	1	2	3
Río Blanco	27.3%	9.1%	45.5%	18.2%
Q. Shihuay Huaycu	42.9%	0.0%	57.1%	0.0%
Río Alajua	85.2%	7.4%	3.7%	3.7%
Río Calamaca	66.7%	0.0%	16.7%	16.7%
Río Colorado	35.5%	0.0%	54.8%	9.7%
Alta del Río Pachanlica	75.7%	10.8%	8.1%	5.4%
0: Si esta legalizada	2: No esta formalizada			
1: Si esta conformada	3: Sin Información			

Recaudación

Es el porcentaje de pago del agua para afrontar los costos operativos de la organización. Este indicador es adaptado de acuerdo a la información del Inventario de los Recursos Hídricos de la Provincia de Tungurahua. Además se considera el

método de evaluación utilizado por el Departamento General de Irrigación de Mendoza, el Instituto Nacional del Agua en Argentina (INAA).

Tabla 20: Recaudación

Unidad Hidrográfica	Escala referencial				
	0	1	2	3	4
Río Blanco	50.0%	0.0%	0.0%	20.0%	30.0%
Q. Shihuay Huaycu	57.1%	0.0%	0.0%	14.3%	28.6%
Río Alajua	77.8%	0.0%	0.0%	18.5%	3.7%
Río Calamaca	50.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%
Río Colorado	93.5%	0.0%	0.0%	0.0%	6.5%
Alta del Río Pachanlica	69.4%	5.6%	2.8%	2.8%	19.4%
0: 100 – 80%		2: 60 – 40%		4: Sin información	
1: 80 – 60%		3: Menor a 40%			

Conflictos

Este indicador permite identificar y evaluar los distintos tipos de conflictos por el uso del agua en forma temporal entre los usuarios de una misma organización, con otras organizaciones de usuarios, con otros miembros de la sociedad u organizaciones, con los organismos públicos, privados, y empresas, y demás actores sociales en la cuenca hidrográfica (Salomón, 2004, Comunicación verbal).

Tabla 5.31: Conflictos

Unidad Hidrográfica	Escala referencial				
	0	1	2	3	4
Río Blanco	85.7%	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%
Q. Shihuay Huayco	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Río Alajua	38.5%	46.2%	15.4%	0.0%	0.0%
Río Calamaca	50.0%	16.7%	33.3%	0.0%	0.0%
Río Colorado	55.2%	44.8%	0.0%	0.0%	0.0%
Alta del Río Pachanlica	30.3%	60.6%	6.1%	0.0%	0.0%
0: Sin conflictos					
1: Coyuntural, Junta de Agua, Interna					
2: Coyuntural, Unidad hidrográfica, Interna					
3: Estructural, Unidad hidrográfica, antiguo, Externa					
4: Estructural, Microcuenca-Cuenca, Muy Antiguo, Externa					

POLÍTICAS

La descripción tanto de los problemas ambientales, sociales, económicos e institucionales así como la definición de los indicadores determinan que el problema fundamental es el bajo ingreso económico de la población agrícola ganadera, con una asistencia técnica limitada que conlleva a la degradación del medio ambiente. Es por eso que la primera acción es la capacitación dirigida a la población agrícola y ganadera con la meta de incrementar sus ingresos económicos con la modalidad de conservación del medio ambiente.

Otra acción a ejecutarse es dar la oportunidad que la población apta para educarse pueda asistir a los establecimientos de educación y en caso que no sea posible capacitar a la niñez y juventud con conocimientos que sirvan de aporte a su propia economía.

Por lo tanto la capacitación y la educación son las políticas iniciales y a partir de ellas diseñar programas de desarrollo humano en la cuenca alta del río Ambato.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las faldas del Chimborazo es la región donde se localiza las tierras secas de la cuenca alta del río Ambato, afectadas por efectos climatológicos como escasez de precipitaciones y fuertes velocidades del viento; y por el avance de la frontera agrícola.

En la cuenca alta del río Ambato, la aridez no se cataloga como un problema porque de acuerdo a este índice esta área tiene condiciones de subhúmedo húmedo por lo tanto la aridez es un problema focal localizado en la unidad hidrográfica del río Colorado.

En las unidades hidrográficas del río Colorado, del río Calamaca, de la Q. Shihuay Huaycu, del Río Blanco representadas por la muestra T1 no se superan los límites permisibles adoptadas por las instituciones locales, caso contrario para la cuenca alta del río Pachanlica los valores de los parámetros de DBO, coliformes y amonio exceden los valores permisibles.

A través del Parámetro de Desempeño Ambiental (PDA) se determina que la calidad del agua va deteriorándose desde las partes medias y bajas de la cuenca del río Ambato.

La evaluación externa de tierras en las unidades hidrográficas ubicadas en las áreas alrededor del valle define clases muy pobremente adaptadas o pobremente adaptadas, mientras que en los valles las clases son moderadamente adaptadas o muy bien adaptadas. La evaluación de tierras en base a sus factores internos establece que las clases de tierra son moderadamente adaptadas.

La institucionalidad de la organización - Juntas de Agua - permiten determinar que más del 50% de ellas no están formalizadas es decir que no están conformadas ni legalizadas, como sucede en las unidades de la Quebrada Shihuay Huaycu y del río Colorado. Un caso diferente es en la unidad del río Alajua en donde el 85% de las juntas están conformadas y legalizadas, de manera similar en la cuenca alta del río Pachanlica con el 76% de las juntas se encuentran conformadas y legalizadas.

Es importante considerar para estudios similares, aquellos indicadores detallados en este trabajo a los que se ha logrado definir el protocolo de medición; siendo conveniente realizar el levantamiento de información de las fuentes locales como las Juntas de Agua para su posterior aplicación.

Cabe mencionar que la capacitación prevista determine alternativas de incremento en sus ingresos económicos, de ahí que la sociedad agrícola y ganadera deberá ser capaz de gestionar proyectos de desarrollo social y económico sin que ello exija el deterioro del medio ambiente, especialmente del recurso agua.

La recopilación de datos hidrometeorológicos de óptima calidad es una acción prioritaria para garantizar que el conocimiento endógeno de la cuenca describa las condiciones reales de la misma.

Las campañas de aprendizaje deberán ser gestionadas por la misma población, pero sería muy importante que previamente hayan aprendido a formular proyectos sencillos y aplicables que vayan de acuerdo a su realidad.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAM, Elena, et al (2003). Indicadores y puntos de referencia en América Latina y el Caribe. ZETAEditores. Mendoza.

ABRAHAM, E., FERNÁNDEZ CIRELLI, A. (2003)Hacia el Uso Sustentable del Agua en las Tierras Secas de Iberoamérica. En: El agua en Iberoamérica. Aspectos de la problemática de las tierras secas. CYTED. XVII. 1: 10-16.

ASOCIACIÓN PRIMERA ZONA RÍO MENDOZA (2002). Subdelegación Río Mendoza.

CAZALAC (2004). Caracterización y Delimitación de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas de América Latina y el Caribe. Grupo de Expertos.

CEVALLOS, Jaime – OSPINA, Pablo (1999). Evaluación de Impactos Ambientales en el Ecuador. Fundación Natura, Ecuador. Mayo.

CIZA, Zonas Áridas (2003). Centro de Investigaciones de Zonas Áridas (CIZA). Lima.

CHAMBOULEYRON, Jorge (1996). Evaluación del Uso del Agua en Mendoza a través de Parámetros de Desempeño. INA, Mendoza.

GALÁRRAGA, Remigio – GUAMÁN Carlos (2004). Determinación de los Problemas Ambientales, Socioeconómicos, e Institucionales en una Zona Seca de los Andes Centrales Ecuatorianos. La Cuenca del Río Ambato. Quito, junio.

GESOREN, GTZ (2003). "Cuencas Andinas". Gestión Sostenible de los Recursos Naturales.

GUAMÁN RIOS, Carlos (2005). Definición de Indicadores y Tecnologías Apropriadas para el Uso Sustentable del Agua en las Tierras Secas de la Cuenca Alta del Río Ambato. Quito. Proyecto de Titulación. Ingeniero Civil. Escuela Politécnica Nacional. Carrera de Ingeniería Civil.

GUAMÁN RIOS, C., GALÁRRAGA, R., CRUZ, A., ABRAHAM, E. SALOMÓN, M. (2005). Indicadores de uso del agua en una zona seca de los andes centrales del Ecuador. Estudio de la cuenca del Río Ambato. Programa CYTED XVII.1. (en prensa)

HCPT, et al. (2004). Inventario y Diagnóstico del Recurso Hídrico – Provincia de Tungurahua. Ambato. Abril,.

IWMI. (1999). Parámetros de Desempeño de la Agricultura de Riego en Mendoza. Argentina. Bos, G.M., IWMI, Chambouleyron. Editores. México.

LaDyOT. (2003 – 2005). Laboratorio de Desertificación y Ordenamiento Territorial. Instituto Argentino de Investigación en Zonas Áridas. Mendoza, Argentina.

METAIS, Sara – CRUZ, Alfredo. (2002). Gestión Integral en el Manejo y Conservación de la Cuenca del río Ambato. PROMACH, Ambato.

PNUD, FAO/ARG/00/008. Gobierno de Mendoza. Departamento General de Irrigación. Modernización de los Recursos Hídricos. Provincia de Mendoza, Argentina.

SALOMÓN, M. (2001). Estudio de cuencas precordilleranas y pedemontanas de los ríos Chacras de Coria y Tejo. Mendoza. Argentina. Tesis de Magíster. Maestría en

Planificación y manejo de Cuenca Hidrográficas. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén. 285 p. y Anexo.

SALOMÓN, M. (2002). Propuesta Metodológica Curso Organización y Ordenamiento Territorial. Proyecto Maestría en Administración Ambiental. Universidad Nacional De Cuyo. Facultad de Ingeniería. Instituto de Hidráulica.

SALOMÓN, M. Y ABRAHAM, E. (2002). Estudio de Sensibilidad a la Desertificación de las cuencas pedemontinas y precordilleranas de los Ríos Tejo y Chacras de Coria. Mendoza, Argentina. II Seminario Taller Internacional CYTED-XVIII. Salvador de Bahía, Brasil.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTACIÓN DE LA NACIÓN. (2003). "Caracterización Ambiental de la Cuenca del Río Mendoza". Departamento General de Irrigación – Proyecto PNUD/FAO/ARG/00/08. Mendoza, Argentina.

UNIVERSIDAD DE CHILE. (1974). Curso de Conservación de la Naturaleza y sus Recursos Naturales. Santiago de Chile. 1:13.

VILLALBA, Carlos. (2003). Metodología de Investigación. Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA – INTERNET

CEPIS, OPS, OMS. (2004) Agua. Un patrimonio para preservar. Agosto. <http://www.cepis.ops-oms.org/index.html>

CORTÉZ, María del Carmen. (2003). Importancia de los coliformes fecales como indicadores. Universidad de Guadalajara. <http://www.uady.mx/~biomedic/revbiomed/pdf/rb031429.pdf>

PROCUENCA, (2004). Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Río San Juan y su Zona Costera (CRSSJ). San Juan. http://www.oas.org/sanjuan/spanish/documentos/adt/grafico_adt.html

SIISE, (2005)- Sistema Integrado de indicadores Sociales del Ecuador. http://www.frentesocial.gov.ec/siise/p_Censo%202001/18.htm