

**DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA DEL ARROYO FAUBEL PARA DETERMINAR
LA FACTIBILIDAD DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA MEJORAR EL AGUA
DE LA CIUDAD DE ELDORADO**

**DIAGNOSIS OF FAUBEL STREAM BASIN TO DETERMINE FEASIBILITY OF
LAND TO IMPROVE WATER IN THE CITY OF ELDORADO**

Martínez Duarte, Juan Antonio

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
martduart@yahoo.com.ar

Wanderer, Ricardo Joaquín

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
ricajoa@yahoo.com.ar

Bernio, Julio César

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
jbernio@arnet.com.ar

Gauto, Oscar Arturo

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
oscararturogauto@yahoo.com.ar

Arenhardt, Orlando Ernesto

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
Oarenhardt@facfor.unam.edu.ar

Martínez, Oscar Martín

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
martino1777@hotmail.com

RESUMEN

La degradación ambiental en la cuenca hidrográfica del arroyo Faubel, integrante del sistema que provee al sistema público de abastecimiento de agua de la ciudad de Eldorado, requiere de un ordenamiento territorial para el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad del agua.

El objetivo es diagnosticar la situación socioambiental de la cuenca para determinar la factibilidad de la ordenación territorial, basada en la regulación del uso del suelo, con programas de desarrollo, restauración, protección y mejora ambiental.

Los objetivos específicos son, caracterizar: 1) Física, biológica y socioeconómicamente la cuenca hidrográfica; 2) Elaborar procedimientos para la rehabilitación ambiental y productiva, y 3) Realizar la evaluación del impacto ambiental de las alternativas de acción.

La metodología contempla, con el auxilio del GIS y trabajo de campo, el desarrollo de las siguientes actividades: 1. Recopilación, procesamiento de la información; 2.

Estudios biofísicos, económicos, sociales y ambientales; 3. Estudios de las posibles alternativas de acción para el mejoramiento de la cuenca hidrográfica.

Los resultados logrados son el diagnóstico socioambiental de la cuenca del arroyo Faubel, y un plan de ordenamiento territorial para promover el desarrollo sostenible, basado en la regulación del uso del suelo con programas de desarrollo, restauración, protección y mejora ambiental.

PALABRAS CLAVE: Diagnóstico, Ordenamiento Territorial, Desarrollo Sostenible, Cuencas Hidrográficas, arroyo Faubel.

ABSTRACT

Environmental degradation in the watershed of Faubel stream, an integral system that supplies the public water system in the city of Eldorado, requires land use planning for sustainable development and the improvement of water quality.

The general objective is to diagnose the social and environmental situation in the basin to determine the feasibility of spatial planning, based on the regulation of land use, development programs, restoration, protection and environmental improvement.

The specific objectives are: 1) Characterize the physical, biological and socio-economic elements within the watershed; 2) Develop procedures for environmental and productive rehabilitation, and 3) Perform environmental impact assessment of alternative courses of action.

The methodology provides, with the help of GIS and fieldwork, the development of the following activities: 1. Collection and processing of information; 2. biophysical, economic, social and environmental studies; 3. Studies of possible alternative courses of action to improve the watershed.

The results achieved are the socio-environmental diagnosis of the basin Faubel stream, and land use plan to promote sustainable development, based on the regulation of land use development programs, restoration, protection and environmental improvement.

KEY WORDS: Diagnosis, Land Planning, Sustainable Development, Watershed, Faubel stream.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio, la subcuenca del arroyo Faubel, está ubicado en el municipio de Eldorado a 26° 24' 09,28" Longitud Sur y 54° 33' 49,24 Longitud Oeste, e integra la

cuenca hidrográfica del arroyo Piray Min, que abastece de agua a la ciudad de Eldorado de aproximadamente 80.000 habitantes.

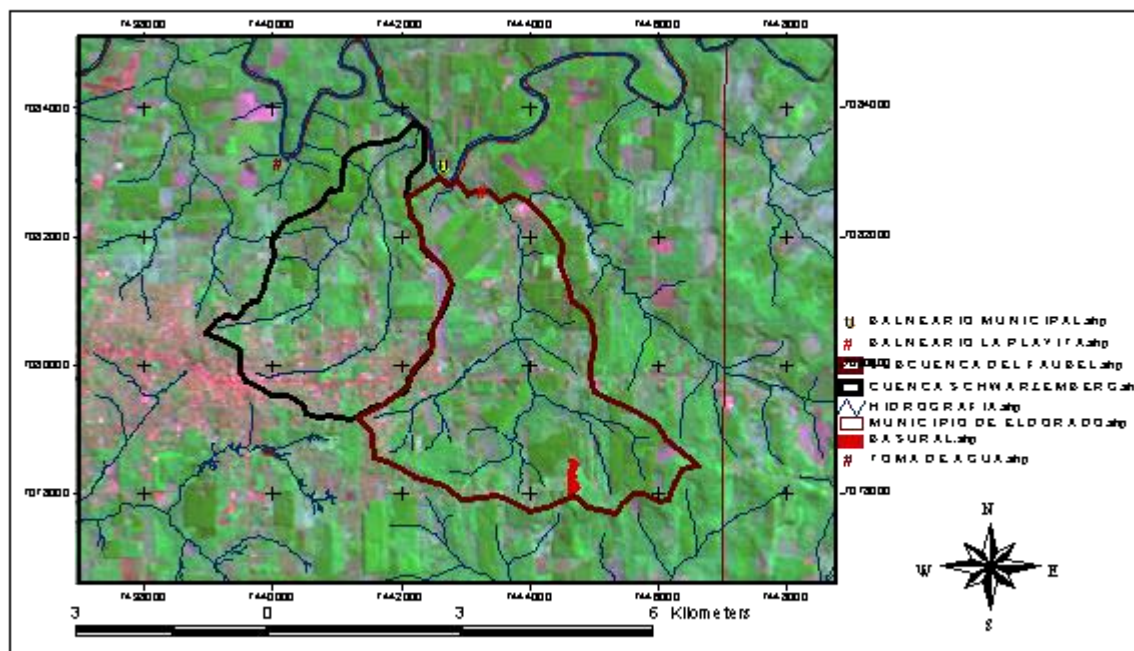
Se considera que la subcuenca del arroyo Faubel y la aledaña cuenca del arroyo Schwarzenberg (ver Figura 1), son las son las más críticas por el estado torrencial y la contaminación; y por lo tanto requiere la elaboración e implementación de un plan de ordenamiento territorial para promover el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad del agua; considerando que desaguan en el arroyo Piray Min a escasa distancia aguas arriba de la toma de agua del sistema público que abastece a la ciudad de Eldorado.

El objetivo general es diagnosticar la situación socioambiental de la subcuenca del arroyo Faubel, basada en la regulación del uso del suelo con programas de desarrollo, restauración, protección y mejora ambiental en general.

Los objetivos específicos son:

- 1) Caracterizar física, biológica y socioeconómicamente la cuenca hidrográfica,
- 2) Elaborar un sistema de procedimientos para la rehabilitación ambiental y productiva de la cuenca hidrográfica y,
- 3) Realizar la evaluación del impacto ambiental de las alternativas de acción propuestas.

Figura 1: Ubicación de la subcuenca del arroyo Faubel y Schwarzenberg



Fuente: Elaboración propia basada en imagen satelital Lansat

La Figura 1 indica la ubicación del basural municipal, donde los camiones atmosféricos descargan efluentes cloacales; y también muestra la ubicación del balneario privado La Playita, el balneario municipal Piray Miní y la toma de agua de la ciudad de Eldorado.

DESARROLLO

Materiales y métodos

La metodología aplicada consiste en el trabajo de campo, desarrollando entrevistas semiestructuradas a representantes institucionales y a personas informantes clave, e inspecciones para verificar los factores bióticos, abióticos y antrópicos.

Una vez realizado en forma participativa, el diagnóstico de la situación socioeconómica y ambiental del territorio, considerando el grado de torrencialidad y la importancia en el abastecimiento de agua para la población, se seleccionó una subcuencacuenca prioritaria donde se efectuaron los estudios referidos a las posibles alternativas de acción para el mejoramiento de la situación tendiente a su rehabilitación ambiental y productiva, desde el punto de vista de los entrevistados, que fueron interpretados y sistematizados; y se efectuó la evaluación de impacto ambiental de la alternativa de acción seleccionada, comparando con la situación de base actual.

Se planteó el escenario hipotético de implementar un proyecto de conservación y restauración de los bosques nativos protectores del suelo y agua, para compararlo con la situación de base actual de la cuenca vertiente.

Fueron realizadas las actividades siguientes:

1. Recopilación y procesamiento de la información básica y diagnóstico: El desarrollo de esta etapa nos permitió reunir información sobre: a) Superficie y ubicación geográfica del área de estudio; b) Tipos de suelos; c) Comportamiento de los factores hidrológicos y elementos climáticos; d) Uso actual de la tierra y sus posibles usos alternativos.

Sobre la base de los mapas existentes y del estudio de las imágenes satelitales y fotografías aéreas se confeccionaron, auxiliados por el GIS, mapas a escala adecuada marcando los detalles de importancia que se observaron en el terreno. Se generó un mapa georeferenciado de ubicación de la cuenca, determinando sus características principales; y se procedió a identificar los diferentes límites de las subcuencas, tipos de suelos, usos, pendientes y bosques protectores.

2. Definición rápida de los problemas de la cuenca: Se determinaron los problemas físicos como pendientes pronunciadas, suelos erosionables, escorrentía excesiva, caudales torrenciales, destrucción de bosques, sobrepastoreo, mala construcción y mantenimiento de caminos, fuentes de contaminación, problemas socioeconómicos, etc.

3. Examen de las posibilidades de ordenación: Seguidamente, fueron examinados los obstáculos para la ordenación y definidas las medidas apropiadas para superarlos en el contexto de las condiciones existentes, y se diseñó el tipo de ordenación a proponer para la cuenca hidrográfica, en función a la gravedad de los problemas, de la urgencia de la tarea y de los recursos disponibles para realizar el trabajo de protección, restauración, mejora del régimen hidrológico y desarrollo de todos los recursos de la cuenca.

4. Determinación de los principales objetivos y prioridades: Fueron determinados los principales objetivos prioritarios que se mencionan a continuación: Restaurar, proteger y ordenar la cuenca para mejorar la calidad del agua para la población; desarrollar las áreas rurales de la cuenca para el beneficio de la población y de la economía de la región; restaurar la cuenca mediante el uso adecuado de las tierras y la aplicación de medidas de protección y conservación, a fin de reducir al mínimo la erosión, la contaminación y aumentar la productividad de las tierras.

5. Estudios biofísicos, económicos, económicos ambientales, sociales, ambientales e institucionales: Los objetivos concretos de esta etapa fueron diseñar y aplicar una metodología para la realización del estudio de la cuenca, con la finalidad de elaborar las alternativas de acción y un sistema de procedimientos de acuerdo a los objetivos definidos para la ordenación de la cuenca hidrográfica; caracterizar física, química, biológica, social y económicamente la cuenca hidrográfica; diagnosticar la situación actual teniendo en cuenta los indicadores definidos.

Caracterización de la cuenca hidrográfica

1. Aspectos físicos

Principales unidades geomorfológicas: Con ayuda del GIS se elaboró una capa conteniendo el mapa geológico de Misiones basado en el trabajo realizado por C.A.R.T.A. (1962-1963). Se describieron las características geomorfológicas de la cuenca. Otra capa elaborada, contiene el mapa planialtimétrico indicando la topografía.

Suelos: Las unidades cartográficas establecidas por C.A.R.T.A. (Compañía Argentina de Relevamientos Topográficos y Aerofotogramétricos) en 1963, fueron incluidas en el GIS como una capa.

Clima: El clima es otro de los factores principales que influye en el funcionamiento de la cuenca, determina su capacidad de desarrollo y fue suficientemente estudiado.

Red hidrográfica: El proyecto elaborado en el sistema de información geográfica incluyó un mapa de la red hidrográfica de la cuenca, determinando las características del curso principal y los afluentes.

Las principales características de la red hidrográfica son: Números de cursos bien definidos por kilómetros cuadrados; kilómetros de cursos permanentes por kilómetros cuadrados; parámetro de forma: Coeficiente de Gravelius = $C_g = P / (2\pi \cdot \sqrt{A})$; Donde: C_g = Coeficiente de Gravelius; P = Perímetro de la cuenca en Kilómetros; A = Superficie de la cuenca en kilómetros cuadrados.

Caudales: Mediante la fórmula de García Nájera, J.M... 1962, se calculó el caudal máximo potencial instantáneo en metros cúbicos por segundo. Este autor, propone la fórmula siguiente para determinar el caudal: $Q_{max} \text{ (m}^3\text{/seg)} = (a \cdot p \cdot (42 + 0,525 \cdot F) \cdot F^2) / ((1 + F) \cdot (1 + 0,025 \cdot F) \cdot (0,5 + \sqrt{F}))$; donde: $a = 1 - ((3 \cdot F_c) / (4 \cdot F))$; F = área de la cuenca en Km^2 ; F_c = Km^2 de cuenca con vegetación nativa en buen estado; p = pendiente media de la cuenca; c) La determinación cualitativa del estado torrencial, según el método expuesto por López Cadena De Llano, F 1976. Este autor expresa que el estado torrencial actual de la cuenca responde a la siguiente igualdad: $ET = (C \cdot R) / (V \cdot G)$; donde C es el factor climático expresado por el índice de erosión (d), R = relieve expresada por la pendiente media (p), V = índice de protección hidrológica de la vegetación; G es igual al factor geológico (Litológico (L) y edáfico (α suelo erosionable y β suelo resistente a la erosión)).

Calidad del agua: Fueron evaluadas las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas de algunos puntos referenciales dentro de la cuenca, a efectos de evaluar el grado de contaminación y la necesidad de rehabilitación de la calidad ambiental de la cuenca.

2. Aspectos biológicos

Vegetación: El proyecto desarrollado con el GIS, contiene capas con el mapa de vegetación actual.

Fauna: Fue caracterizada y descrita en forma general la fauna silvestre actual de la cuenca.

3. Situación general actual de la Cuenca

Fue descrita la situación general de la cuenca, desde la perspectiva paisajística y el uso del agua por la fauna, la flora y por la población asentada en la cuenca.

Entonces, la metodología aplicada incluyó el uso del sistema de información geográfica (GIS) y el procesamiento de la información hidrográfica, antecedentes forestales, agrícolas, mapas e informes de suelos, uso de la tierra, tipo de vegetación, antecedentes socioeconómicos, tenencia de la tierra e inspecciones terrestres.

Sobre la base de este estudio se seleccionaron las alternativas de acción requeridas por la cuenca y elaboró un sistema de procedimiento para su ordenación.

4. Estudios referidos a las posibles alternativas de acción para lograr el mejoramiento de la situación de la cuenca: En esta etapa se analizaron y seleccionaron las alternativas existentes para lograr el mejoramiento de la situación actual de la cuenca a fin de lograr su rehabilitación ambiental y productiva.

5. Evaluación de impacto ambiental de las alternativas de acción en la cuenca hidrográfica: Una vez seleccionada y planificada la mejor alternativa de acción a proponer a fin de promover el desarrollo sostenible de la cuenca, se efectuó la evaluación de impacto ambiental del proyecto, mediante los métodos siguientes: 1. Evaluación del Impacto Ambiental por el método matriz de impactos, descripción de los impactos ambientales, 2. Evaluación de la degradación específica actual, 3. Determinación cualitativa del estado torrencial actual de la cuenca según el método expuesto por López Cadena de Llano, F..1978).

Utilizando la metodología expuesta para analizar las posibles acciones a desarrollar en la cuenca hidrográfica y evaluar el impacto ambiental de dichas acciones, se determinó la alternativa más conveniente, desde el punto de vista económico y socioambiental.

Se consideró fundamental el establecimiento de un sistema de vigilancia, evaluación y seguimiento, que permita un control periódico sobre el desempeño del proyecto.

Resultados

Los resultados logrados son el diagnóstico socioambiental de la cuenca del arroyo Faubel, y un plan de ordenamiento territorial para promover el desarrollo sostenible, basado en la regulación del uso del suelo con programas de desarrollo, restauración, protección y mejora ambiental, con una evaluación positiva del impacto ambiental.

Caracterización de la subcuenca hidrográfica

1. Aspectos físicos

1.1 Suelos: Según las unidades cartográficas establecidas por C.A.R.T.A. (Compañía Argentina de Relevamientos Topográficos y Aerofotogramétricos) en 1963, la unidad nueve compone la mayor parte de la superficie y se caracteriza por ser suelos rojos profundos muy evolucionados, lixiviados, permeables, ácidos o ligeramente ácidos, medianamente fértiles, derivados del meláfiro. Incluyen las fases erosionadas y pueden encontrarse asociadas a pequeñas superficies de las unidades tres y seis.

1.2 Clima: En relación con las características climáticas del área de estudio, podemos mencionar la siguiente descripción efectuada por Elida Arenhardt (ARENHARDT, 2009: 34-36)¹: “Según la clasificación de climas Köppen (1936), a Eldorado se identifica con la fórmula Cfa la cual se corresponde con un clima subtropical húmedo sin estación seca y verano muy caluroso (LEE, 1968: 32a)”.

“Compartiendo el criterio climático de CAPITANELLI (1992:99), corresponde para Eldorado localizada a 160 m.s.n.m. la unidad climática “sin invierno térmico y con precipitaciones máximas en primavera y otoño”, y se caracteriza por temperaturas elevadas (media anual: 21 °C; máxima absoluta: 43 °C; mínima absoluta: -4,5 °C)”.

“Como consecuencia del régimen térmico, la evapotranspiración potencial es también elevada (980,98 mm.). Aplicando el método de Thornthwaite a Eldorado se observa que corresponde al clima húmedo (B3 B4'ra') con Índice de aridez=0 (r, nula deficiencia de agua); Índice de humedad=62,1 (indica gran exceso de agua); Ecuación del Índice Hídrico=62,1 (B3, expresa efectividad hídrica, “(...) elemento que determina principalmente la vida vegetal”, Op. cit, pp. 22); integra la región térmica Mesotermal (B4'); Concentración estival de la eficiencia térmica de 42,3 (=a'). Once meses (de marzo a enero) muestran exceso hídrico (609,17 mm.); febrero puede tomarse como un mes de consumo e inmediata reposición de agua en el suelo; carece de déficit hídrico, según los datos analizados”.

“La abundancia de precipitaciones mensuales (media anual = 1.590,1 mm., serie 1.941-1.950; 1.715 mm., serie 1.926-1.977); y la torrencialidad acompañadas con truenos y relámpagos, frecuentes en primavera y verano, explican la ausencia de déficit hídrico en el suelo. El granizo se presenta en otoño y primavera. La diferencia de altitudes de entre 200-250 m.s.n.m., originado en la morfología de colinas amesetadas, favorecen las heladas durante los meses de junio a setiembre.

Esta condición impide la plantación de especies sensibles como la banana (*Musa sapientum*), en el Hinterland de Eldorado”.

“En síntesis, a Eldorado, de acuerdo a su posición geográfica –al sur del trópico de capricornio-, le corresponde un clima subtropical. La influencia de los vientos húmedos tropicales del Este, que proviene del Océano Atlántico, provocan las abundantes precipitaciones anuales, con un máximo en otoño y primavera”.

“Además, recibe la influencia de los vientos tropicales del norte. Esto hace que se lo identifique con un clima subtropical húmedo sin estación seca y veranos muy calurosos”.

1.3 Hidrología

1.3.1 Red hidrográfica: La subcuenca posee un sistema fluvial con 24 cauces permanentes; un curso principal de cuarto orden, 2 de tercer orden, 4 de segundo orden y 17 de primer orden. Las principales características de la red hidrográfica son:

- Números de cursos bien definidos por kilómetros cuadrados de cuenca: 1,2
- Kilómetros de cursos permanentes por kilómetros cuadrados de cuenca: 1,2
- Parámetro de forma: $(Cg) = P/\sqrt{(2\pi \cdot A)} = 1,3$; donde, Cg = Coeficiente de Gravelius, P= Perímetro de la cuenca en Kilómetros = 19, y A= Superficie de la cuenca en kilómetros cuadrados. = 18

La diferencia de nivel entre el punto más elevado de 284 ms. n. d. m. y el más bajo de 146 ms. n. d. m. es de 138 metros. La exposición general es Norte; la pendiente media de la cuenca es de 7,5 % y tiene un perímetro de 19.063 metros; un largo máximo de 5.347 metros y un ancho máximo de 5.430 metros.

En algunos sectores de estos cursos de agua, existen depósitos aluvionales concentrados, como también erosión de bordes y fondos de los cauces.

1.3.2 Profundidad del agua subterránea en el área de la cuenca

La profundidad del agua subterránea es variable. La Cooperativa de Electricidad de Eldorado tiene perforaciones en el área, de la cual extrae agua desde una profundidad de ochenta metros.

De los datos que aportan estas perforaciones se llega a la conclusión que, por regla general, se encuentra agua subterránea a partir de los quince metros de profundidad, pero la misma no presenta el caudal ni la calidad necesaria como para abastecer de agua potable a una finca, requisitos estos que se cumplen a una profundidad aproximada a los ochenta metros.

1.3.3 Caudales

El caudal se origina fundamentalmente por precipitaciones pluviales, que se transforma en escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo, con predominancia de los dos primeros nombrados debidos, principalmente, a la eliminación del bosque nativo.

La fórmula siguiente (García Nájera, J.M., 1962) nos permitió calcular el caudal máximo potencial instantáneo:

$$Q_{\max} = a \cdot p \cdot (42 + 0,525 \cdot F) \cdot F^2 / (1 + F) \cdot (1 + 0,025 \cdot F) \cdot (0,5 + \sqrt{F}) = 76,38 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{Donde } a = 1 - ((3 \cdot F_c) / (4 \cdot F))$$

$$F = \text{área de la cuenca en Kilómetros cuadrados} = 18$$

$$F_c = \text{Km}^2 \text{ de cuenca con vegetación en buen estado} = 4,84$$

$$p = 0,75 \text{ por ser la cuenca de pendiente media poco accidentada.}$$

1.3.4 Calidad del agua de la subcuenca del arroyo Faubel

En este estudio se han evaluado las características de las aguas de algunos puntos referenciales dentro de la subcuenca, a efectos de evaluar el grado de contaminación y la necesidad de rehabilitación de la calidad ambiental de la cuenca. Una evaluación más amplia del estado de las características de las aguas naturales, requeriría analizar más parámetros, contar con mayor cantidad de muestras analizadas y distribuidas en el espacio y en el tiempo, a fin de abarcar las variaciones que naturalmente ocurren, dentro de un programa de monitoreo.

Los análisis han sido realizados por el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones (U.Na.M.); y los valores obtenidos para las muestras, se presentan en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1: Resumen de los resultados del análisis bacteriológico de agua

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO				
	Coliformes Totales 48 hs a 35 °C	Coliformes Fecales 24 hs a 45 °C	Aerobios totales 48 hs a 35 °C	Pseudomonas aeruginosa
Muestra 1	2300	900	7	Ausentes
Muestra 2	150	93	7	Ausentes
Muestra 3	43	7	3	Ausentes
Agua de pozo	2800	400	30	Ausentes
Unidades	NMP/100ml	NMP/100ml	UFC/100ml	NMP/100ml
Valores Normales	<3	Ausencia	<500	Ausencia

Fuente: Laboratorio de análisis de agua de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNaM.

Los coliformes totales indican la presencia de bacteria, mientras que los coliformes fecales indican la presencia de bacterias provenientes de la materia fecal. Constituyen un indicador muy útil para determinar la posible presencia bacterias patógenas en las aguas.

Las muestras manifiestan altos valores tanto de coliformes totales como fecales, probablemente por coleccionar las aguas provenientes del basural municipal, letrinas de los asentamientos poblacionales aledaños al arroyo, la inexistencia de un sistema de tratamiento de efluentes cloacales y la ganadería con acceso de los animales hasta los arroyos.

Los valores observados indican la necesidad de un gran cuidado en la desinfección del agua, estrictamente controlada para evitar la transmisión de enfermedades.

En el estado en que se encuentra tanto el arroyo como sus afluentes, se podrían producir el contagio de muchas enfermedades transmitidas a través del agua, a las personas que consuman, se higienicen o simplemente se bañen en estas aguas.

Tabla 2: Resumen de los resultados del análisis fisicoquímico de agua

	Ph	Cloro residual	Turbiedad	Solidos Disueltos totales	Conductividad
Muestra 1	6,99	s/d	16,8	43,16	60,8
Muestra 2	7,05	s/d	15,6	49,7	70
Muestra 3	6,98	s/d	18,5	43,24	60,9
Agua de pozo	6,71	s/d	1,46	46,43	65,4
Unidades		mg/L	NTU	mg/L	µs
Valores Normales	6,5-8,5	0,2-2	<3	<1500	5 a 2000

Fuente: Laboratorio de análisis de agua de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNaM.

El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua, se expresa en UpH e influye en la potabilización del agua en los procesos de cloración, coagulación, ablandamiento y control de corrosión; los valores observados se encuentran en los rangos indicados como normales.

La turbiedad es un indicador de la presencia de materia en suspensión como arcillas, orgánicas e inorgánicas, especialmente en estado coloidal, que se expresa en

NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) e influye en el proceso de potabilización tanto en la necesidad de productos para la floculación y la desinfección. Las muestras presentaron presencia de material en suspensión, superiores de los valores indicados como normales.

Los valores determinados de sólidos disueltos totales son inferiores a los normales y la conductividad registrada se encuentra entre los valores normales.

La Tabla 3 presenta la clasificación para las aguas superficiales de la Organización Mundial de la Salud (OMS). El arroyo se encuentra en la categoría 2.

Tabla 3: Clasificación de las aguas superficiales

Clasificación de las aguas superficiales según la Organización Mundial de la Salud (OMS)	
Clasificación	Coliformes NMP/100 ml
1. - Calidad bacteriológica que no exige más de un simple tratamiento de desinfección	0 a 50
2. - Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración y desinfección)	50 a 5 000
3. - Contaminación intensa que obliga a tratamiento más activa	5 000 a 50 000
4. - Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales	más de 50 000

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

2. Aspectos biológicos

Vegetación: En algunos sectores de la cuenca, generalmente coincidentes con cerros o curso de agua, se pueden observar pequeñas áreas residuales del bosque nativo, que suma cuatrocientos ochenta y cuatro hectáreas.

4. Situación general actual de la Cuenca

Toda la cuenca presenta un aspecto paisajístico interesante, tanto por la naturaleza existente y su vista panorámica. Actualmente las aguas de la subcuenca del arroyo Faubel son utilizadas para el consumo por parte de la fauna y la flora del lugar. La población asentada cerca del curso de agua utiliza el agua de las nacientes para

consumo y el agua del arroyo para lavar ropas, higiene personal, consumo de animales, riego de plantas ornamentales y hortícolas.

Se observa la existencia de pequeñas parcelas con plantas perennes y cultivos anuales de uso familiar, como así también la Ganadería y la forestación. Las técnicas de cultivo no observan métodos conservacionistas.

La mayor parte de la superficie de la cuenca pertenece a propietarios privados, con lotes entre setecientos metros cuadrados a sesenta hectáreas de superficie.

El uso actual del suelo se distribuye de la forma siguiente: Bosque nativo 484 hectáreas, plantaciones principalmente de Pinos y también Eucaliptos 670 hectáreas, ganadería y cultivos anuales 371 hectáreas, el área urbanizado ocupa 208 hectáreas, el predio del aeroclub tiene 33 hectáreas y el basural municipal abarca una superficie de 8 hectáreas.

El estudio revela que toda la cuenca registra deficiencias ecológicas y que el grado de impacto ambiental está atenuado únicamente por el bajo desarrollo productivo y aún baja densidad demográfica, pero no se debe a una planificación adecuada o uso racional de los recursos.

Se considera que el momento es oportuno para proponer e implementar acciones, para rehabilitar ambiental y productivamente la unidad de manejo, en el marco de la planificación y gestión territorial por cuencas hidrográficas.

Sobre la base de este estudio se seleccionaron las alternativas de acción requeridas por la cuenca y se elaboró un sistema de procedimiento para su ordenación.

Posibles alternativas de acción para el mejoramiento de la situación actual de la subcuenca hidrográfica del arroyo Faubel

1. Manejo de tierras forestales. Pautas conservacionista en la explotación forestal

La situación actual de la cuenca requiere un adecuado manejo de las tierras forestales aplicando pautas conservacionistas en la explotación forestal.

2. Elección de especies según la calidad de sitio y valor económico

Excluyendo al complejo edafológico 6B, los suelos de la cuenca son perfectamente aptos para Pinus, Eucalytus, Araucaria, Grevillea, especies arbóreas nativas, etc.

En las áreas de suelos de la unidad cartográfica 6B y bordes de cursos de aguas y nacientes es conveniente el manejo de renovales y el enriquecimiento del bosque nativo.

En las áreas ganadera, es recomendable la implantación de la Leucaena (Leucaena leucocephala), teniendo en cuenta que es una especie leguminosa arbórea rústica de rápido crecimiento y de propósito múltiple, ya que sirve de fuente de proteína para el ganado; es también una especie energética que provee leña a los pobladores.

3. Otros usos múltiples del bosque (Vida silvestre, pastoreo, recreación, bosques protectores, etc.)

Los posibles usos múltiples alternativos del terreno, teniendo en cuenta los tipos de suelo y en general la capacidad del sitio, son los siguientes:

- La restauración del bosque nativo remanente, a través del manejo de los renovales de las especies maderables nativas de alto valor que demuestran buena respuesta a este tipo de manejo y el enriquecimiento bajo cubierta con especies nativas que experimentalmente han demostrado buen desarrollo en este tipo de ambiente, como Cañafístola (*Peltophorum dubium*), Timbó (*Enterolobium contortisiliquum*), Loro blanco (*Bastardiopsis densiflora*), Guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), Guayubira (*Patagonula americana*).
- Otra alternativa es la reforestación, a cielo abierto en el suelo de la unidad cartográfica 9 del área rural improductiva, en macizo o cortinas con especies exóticas de rápido crecimiento y alto valor económico, como *Pinus taeda* Marion o *Pinus elliottii*.
- La cría de ganado vacuno, para producir carne y leche, es factible de implementar a campo abierto o bajo forestación conformando un sistema silvopastoril.
- Para el ecoturismo la cuenca presenta un marco adecuado, con su paisaje verde realmente muy hermoso, con arroyos caudalosos, con saltos de agua que escurre sus aguas al arroyo. El lecho del cauce de los arroyos es generalmente de piedra negra de basalto volcánico. El esquema a proponer deberá captar a los turistas que están de paso hacia las Cataratas del Iguazú.

A los efectos del ecoturismo se deberán acondicionar senderos con el mínimo impacto para observar los paisajes y su entorno desde diferentes perspectivas. Es conveniente hacer filmaciones de la flora, fauna y del paisaje en general y también construir cabañas adecuadas al escenario.

- Se recomienda incentivar la repoblación de la fauna silvestre a través del control de la caza furtiva y la implantación de plantas frutales nativas y exóticas como el Guabirá, la Guayaba, el Pindó, el Coco, la Guayaba, el Níspero, la Palta, el Mamón, etc. Para facilitar la observación de animales silvestres es posible criar antas, venado, pecaríes, etc., que se desenvuelvan alrededor de los centros de visita.
- Se puede desarrollar un vivero para producir plantines de especies nativas y exóticas, forestales, ornamentales o medicinales, para la venta a los visitantes y también para ser utilizado en la cuenca. Otro atractivo a desarrollar es un muestrario de cultivos tradicionales de la región, como la Mandioca, el Maíz, el Poroto, el Té, Palmitos, el Tung, el Tabaco, plantas medicinales y Orquídeas.

También se puede ofrecer a los visitantes paseo a caballo o con Carro Polaco y comidas típicas de la zona como Mbeyú, Reviro, Sopa paraguaya, Chipá, Asado criollo, Locro y Chucrú.

- Es factible también la cría de Ovejas, Cerdos, Equinos, la generación de energía hidráulica con micro turbinas o la rueda hidráulica, producción de plantas medicinales, aromáticas y refugio de vida silvestre.
- Una actividad complementaria a tener en cuenta para el futuro, es el funcionamiento en la cuenca de un aserradero portátil (tipo Wood Mizer) para utilizar la madera de los ejemplares extraídos de los tratamientos silviculturales a efectos de raleo, favoreciendo a los mejores ejemplares y especies de más valor, incorporando valor agregado y aumentando la rentabilidad.
- Un uso no productivo, que será rentable a corto plazo con un sistema de pagos por servicios ambientales de la función protectora del bosque de las cuencas hidrográficas.
- Otras de las actividades alternativas son la producción de miel de abeja orgánica, conservación de la biodiversidad, recreación y esparcimiento, lugares de fin de semana con conservación del bosque, colonia de vacaciones con equitación con senderos de interpretación y uso del arroyo para la cría de especies ictícolas, producción de orquídeas en forma natural y artificial, generación de oxígeno y captación de dióxido de carbono, conservación de la biodiversidad y de la belleza escénica, protección del suelo, de la cuenca hidrográfica y del patrimonio cultural.

4. Otras acciones consideradas

Cuando el suelo corresponde a la unidad cartográfica 9, suelo rojo profundo, es factible controlar la erosión empleando tratamientos sencillos de conservación, por ejemplo en los cultivos anuales u hortícolas se puede plantar Batata en fajas orientadas en el sentido de cortar la pendiente.

También, los pobladores y propietarios de tierras ubicadas en la cuenca para que en forma individual o agrupada aprovechen los beneficios de la ley de inversiones forestales N° 25.080 en cuanto a apoyo económico no reintegrable, estabilidad fiscal, devolución anticipada del IVA, exención impositiva, para poner en marcha proyectos de plantación forestal en macizo, trincheras o cortinas, enriquecimiento de bosque nativo, manejo de rebrote, raleos, podas, instalación de viveros o proyectos forestoindustriales. También se pueden aprovechar los planes gubernamentales para realizar proyectos.

Con relación a las características constructivas de los caminos, deben responder a las necesidades operativas y ambientales como pendientes adecuadas, abovedado, cunetas, desagües, badenes, trabajos de consolidación.

Es necesario elaborar un plan de conservación y mejoramiento de la red vial a fin de disponer de caminos mejorados para acceder a las propiedades, transportar los productos y en general realizar de manera eficiente las actividades desde el punto de vista económico y ecológico.

Además de la buena planificación y diseño constructivo de los caminos es necesario mejorar la estructura del suelo de los mismos y la tosca es un material apto para ese fin y está disponible en el lugar.

Es conveniente realizar un plan de acción institucional, conformando una Comisión de Cuenca con participación de la comunidad, comisiones barriales y miembros de otras organizaciones vinculadas al tema, a fin de acordar un plan de acción que establezca en función del diagnóstico y de los objetivos políticos, qué hacer, dónde hacer, con qué recursos, quién es el responsable, quien supervisa y controla, quién audita y cómo se corrige el plan sobre la marcha.

Se requiere monitorear la calidad de las aguas de los cursos de agua de la cuenca, a efectos de evaluar su grado de contaminación y la evolución de ésta; y concientizar a la población sobre los riesgos para la salud del consumo o uso del agua contaminada sin tratamiento previo.

No se deberá utilizar herbicidas u otros productos químicos, si no hay seguridad absoluta sobre el efecto que tendrá sobre el ambiente de la cuenca y especialmente sobre la química, la física y la biología del suelo y el agua.

Si bien tenemos información para comenzar la tarea e inclusive llevarlo a la práctica, también es cierto que necesitamos investigar mejor el funcionamiento de la cuenca y por lo tanto es necesario instalar por lo menos una cuenca piloto. Entonces, a fin de apoyar con bases técnicas y científicas al nivel anterior se establecerá, por lo menos una cuenca piloto, que será provista de instrumental hidrometeorológica, sedimentológica, recursos técnicos y de la logística adecuada, para realizar estudios específicos a fin de determinar funciones que explique la relación entre el bosque, su manejo y de las actividades agropecuarias con los parámetros hidrológicos y sedimentológicos.

Se deberá desarrollar un programa de concientización ambiental de la población empleando los medios locales radiales y televisivos, incluyendo un vídeo sobre el sistema y una vez acondicionadas las instalaciones, promover visitas guiadas de periodistas, autoridades, escolares y vecinos.

Un programa de acción puede dividir las tareas para realizar a corto, mediano y largo plazo.

Programa de acción a corto plazo

Ejecución de medidas de control biológico: La Protección de la masa nativa remanente, enriquecimiento de bosques y vegetación protectora, manejo de renovales, fomentar la presencia de vegetales con frutas silvestres y flores vistosas. Cultivos y cosechas en fajas, sistemas silvopastoriles, actividades de extensión forestal.

Ejecución de obras de tipo estructural: Terrazas, mejoramiento de la red vial, ordenación de la construcción de viviendas y edificaciones.

Programa de acción a mediano plazo

Ejecución de medidas de control biológico: Reordenación del uso de las tierras, corrección de taludes de caminos, arbolado urbano, instalación de un Vivero forestal y ornamental.

Ejecución de obras de tipo estructural: Sistema de tratamiento de efluentes cloacales, mejorar el sistema de provisión de agua potable, estructuras para regular escorrentía.

Las alternativas de acción fueron sometidas a evaluación de impacto ambiental por los métodos expuestos, resultando un impacto ambiental positivo, considerando que las tareas aplican las pautas conservacionistas en su realización.

CONCLUSIONES

El diagnóstico preliminar de la subcuenca del arroyo Faubel confirma la actividad torrencial incipiente y la contaminación del agua con bacterias y sedimentos, causados por el desordenado uso del suelo sin prácticas conservacionistas, la presencia del basural municipal en su alta cuenca donde los camiones descargan efluentes cloacales de la ciudad y la falta de saneamiento ambiental.

Esta situación afecta la calidad del agua del arroyo y de los pozos profundos que abastece de agua a la población de la cuenca, degrada la calidad del suelo, y contamina el agua del arroyo que abastece al balneario privado La Playita, al balneario municipal y a la toma del sistema público de abastecimiento del agua de la ciudad de Eldorado. Asimismo, esta situación no promueve el desarrollo sostenible en lo económico, ambiental y social.

Por lo tanto, es urgente la necesidad de formular e implementar un plan de ordenación de la cuenca hidrográfica con programas de desarrollo, conservación, restauración, saneamiento y educación ambiental, cuyos principales rasgos se han expuesto en el presente trabajo.

La evaluación del impacto ambiental de los proyectos propuestos han resultado ser positivos, por lo que se recomienda su implementación participativa.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ARENHARDT, E. H. (2009). ELDORADO: de Colonia de inmigrantes a un modelo de Ciudad lineal (1919 - 2008). Posadas, La Impresión S.A., pp. 34-36.

BIBLIOGRAFÍA

ARENHARDT, E. H. (2009). ELDORADO: de Colonia de inmigrantes a un modelo de Ciudad lineal (1919-2008). Posadas, La Impresión S.A.

AZQUETA OYARZUN, D. (1996). Valoración Económica de la Calidad Ambiental. Madrid, Editorial Mc Graw.

GARCÍA NÁJERA, J.M. (1962). Principios de Hidráulica Torrencial. Ministerio de Agricultura, Madrid.

LÓPEZ CADENAS DE LLANO, F. (1976). Hidrología Forestal. Editado por la Escuela Técnica Superior de Montes, Madrid, 1ª y 2ª parte.

MARTÍNEZ DUARTE, J. A. "Enfoque Sistémico en la Investigación de Cuencas Hidrográficas". Revista científica Visión de Futuro, 2006, Año 3, Nº 1, Volumen 5, Posadas, Misiones.

MARTÍNEZ DUARTE, J.A. "Metodología para la formulación y evaluación económica ambiental de planes de ordenación de cuencas hidrográficas de la provincia de Misiones". Acta de las 12º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, 2006, Eldorado.

MARTÍNEZ DUARTE, J. A. "Evaluación Económica Ambiental de Alternativas de Acción en la Cuenca del Arroyo Schwelm". Acta de las décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, 2003, Eldorado.