



## Costos y beneficios sociales de mejoras ambientales del pozo El Pital, Planeta Rica, Córdoba, Colombia

## Costs and social benefits of environmental improvements in El Pital well, Planeta Rica, Córdoba, Colombia


Manuel Lozano Martínez  
Ingeniero Sanitario y Ambiental  
CD Ambiental  
[manuelj9524@gmail.com](mailto:manuelj9524@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-8416-9035>  
Colombia

Dayana Ruíz Ramos  
Ingeniero Sanitario y Ambiental  
CD Ambiental  
[dayanaruizramos@outlook.com](mailto:dayanaruizramos@outlook.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-3662-6529>  
Colombia

Angélica Solano Agudelo  
Ingeniero Sanitario y Ambiental  
CD Ambiental  
[angelica\\_solano@hotmail.es](mailto:angelica_solano@hotmail.es)

 <https://orcid.org/0000-0002-7633-1266>  
Colombia

### Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar los costos y beneficios sociales asociados a mejoras ambientales, basadas en escenarios económicos hipotéticos en el pozo “El Pital” (Planeta Rica-Córdoba). Se utilizaron los métodos económicos de valoración contingente y costo-efectividad. Para ello, se desarrolló trabajo en campo y se aplicaron encuestas a sus beneficiarios. Los datos obtenidos fueron codificados y registrados en el software STATA 12.0, definiendo de esta forma los beneficios hipotéticos, a través de la ecuación de Hanemann. Luego se presupuestaron los costos asociados a las medidas ambientales planteadas y se estimó la relación costo/beneficio. Dentro de los principales resultados se tiene que, a partir de las condiciones socioambientales existentes, se plantearon tres medidas hipotéticas que permitirían una conservación adecuada de El Pital: 1) construcción de un sistema de abastecimiento, 2) impermeabilización de la zona de recarga de los carrocoches y 3) siembra de vegetación nativa. La disposición a pagar por cada litro de agua para la aplicación de las medidas antes descritas fue de \$271 pesos colombianos por cada 20 litros de agua comprados. Se concluye que las personas circunscritas al pozo determinan su importancia con relación a los litros de agua que obtiene de él, el impacto en su trabajo y la historia cultural del mismo. Cabe resaltar que aun cuando las medidas sean viables socialmente y en escenarios económicos de carácter hipotéticos, desde la perspectiva sanitaria y ambiental seguiría significando una afectación al recurso y a las personas.

**Palabras claves:** Disposición a pagar, Métodos económicos, Mejoras, Recurso Hídrico, Acuífero

### **Abstract**

The objective of this work was to determine the social costs and benefits associated with environmental improvements, based on hypothetical economic scenarios in the “El Pital” well (Planeta Rica-Córdoba). The economic methods of contingent valuation and cost-effectiveness were used. For this, fieldwork was developed, and surveys were applied to its beneficiaries. The data obtained were coded and recorded in the STATA 12.0 software, thus defining the hypothetical benefits, through the Hanemann equation. Then the costs associated with the proposed environmental measures were budgeted and the cost / benefit ratio was estimated. Among the main results, based on the existing socio-environmental conditions, three hypothetical measures were proposed that would allow adequate conservation of El Pital: 1) construction of a supply system, 2) waterproofing of the car recharging area and 3) planting of native vegetation. The willingness to pay for each liter of water for the application of the measures described above was \$ 271 Colombian pesos for each 20 liters of water purchased. It is concluded that the people circumscribed to the well determine its importance in relation to the liters of water obtained from it, the impact on their work and its cultural history. It should be noted that even when the measures are socially feasible and in hypothetical economic scenarios, from the health and environmental perspective, they would continue to affect the resource and people.


**Keywords:** Willingness to pay, Economic methods, Improvements, Water resources, Aquifer

### **Introducción**

Estimar un valor monetario a los recursos naturales permite comprender la importancia de su conservación y ayuda a la construcción de una visión que permita un adecuado manejo. Una valoración positiva de los pobladores de un área para los servicios ambientales facilita la toma de decisiones en lo referente al recurso (Brito-Mancero, Yaulema-Garcés y Santillana-Quiroga, 2020; Sepúlveda-Vargas, 2008; Pearce y Turner, 1990).

Según Barzev (2002) y su Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales y el Global Water Partnership-GWP (2013), se señala que se establecieron mecanismos institucionales para Sudamérica, definiendo los derechos de propiedad y uso de los recursos naturales y el medio ambiente e identificó aquellos costos ambientales (sociales) no reflejados adecuadamente por el mercado, a fin de determinar las tasas de uso, las medidas de mitigación, los sistemas de compensación y las regulaciones que asegurarán el mayor nivel de beneficios que estos son capaces de generar en forma sustentable.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-UNESCO (2015), la demanda mundial de agua está mayormente condicionada por




diversos factores (el crecimiento demográfico, las políticas de seguridad alimentaria entre otros). Se prevé que la demanda por el recurso aumente en un 55% para el 2050. Por lo tanto, muchos países están en proceso de realizar progresos en la gestión integral del recurso hídrico, mientras que otros se han estancado en el intento.

En Colombia, según Giraldo (2008), a partir de la formulación de la Ley 142 de 1994, las empresas prestadoras del servicio de agua para consumo doméstico iniciaron un proceso orientado a implementar manejos financieros para asegurar la calidad y sustentabilidad del servicio a largo plazo. Se estableció también que todas ellas se rigieran bajo una condición comercial corriente con una rentabilidad similar a las de cualquier otra empresa con niveles de riesgos semejantes. Para los usuarios, esto ha significado mejores condiciones de acceso al recurso (cobertura), calidad, continuidad, pero también, el pago de un mayor precio por el servicio y, en consecuencia, una favorable reducción del consumo. Por ende, se ve como la legislación de este país ejerce márgenes de rentabilidad financiera sobre el agua.

A través de la Resolución 1084 de 2018 y como resultado del trabajo del Grupo de Análisis Económico para Sostenibilidad de la Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente, 2020), se adoptó la Guía de aplicación de la Valoración Económica Ambiental (VEA), la cual tiene como objetivo orientar a las autoridades ambientales y al público general, respecto a la aplicación de las metodologías de valoración disponibles, de manera que se promueva la generación de información como un criterio técnico de apoyo al proceso de toma de decisiones en el manejo y la conservación del patrimonio natural de la Nación.


En términos generales, la Valoración Económica Ambiental consiste en expresar en dinero las ganancias de bienestar social que se producen por la protección del medio ambiente o las pérdidas generadas por su deterioro. Así, la VEA permite contar con un criterio técnico adicional para la toma de decisiones relacionadas con la implementación de la política ambiental, por parte de las autoridades ambientales del país. Adicionalmente, la generación de este tipo de información fortalece los procesos encaminados a determinar la viabilidad ambiental de políticas, planes, programas y proyectos (Minambiente, 2020).



Un ejemplo claro de esta situación es el municipio de Planeta Rica – Córdoba, Colombia, el cual cuenta con un pozo llamado El Pital, ubicado actualmente en su casco urbano, en la manzana 096 según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, que cuenta con una área aproximada de 500 m<sup>2</sup> (Concejo Municipal de Planeta Rica, 2000) y que además es la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano que han adoptado los habitantes de la región desde la llegada de los primeros pobladores de la zona. Este municipio cuenta con el servicio del acueducto municipal para el abastecimiento de agua en casi toda la población, sin embargo, por cuestiones culturales, esta agua no se utiliza para consumo humano, sino solo para labores domésticas y demás, que no impliquen su ingesta bajo ninguna circunstancia.

Cabe resaltar que el cuerpo de agua subterráneo del que se abastece el Pital, está sometido a algunos factores que lo afectan, siendo la contaminación uno de ellos, esto se debe a que las excretas de los equinos que son utilizados para el transporte del agua por todo el municipio entran en contacto con el recurso de forma directa o indirecta, contaminándolo y poniendo en riesgo la salud de quienes beben de esta agua, exponiéndolos a sufrir de enfermedades por las inadecuadas condiciones sanitarias del lugar; por otra parte, hay que resaltar que la estabilidad económica de muchas familias depende del transporte de este recurso.

El Pital, según la valoración que le concedió el Plan Básico de Ordenamiento Territorial – PBOT, es la de “patrimonio cultural, ambiental e histórico”; no obstante, no cuenta con el acompañamiento necesario para su adecuado cuidado y conservación, a pesar de que se encuentra en condiciones decadentes. Hoy, “la lata de agua”, que aproximadamente equivale a 5 galones (20 litros), tiene un precio de \$500.00 (quinientos pesos colombianos). El costo histórico del agua en el año 1999 era de \$40/galón y el costo actual del agua es de aproximadamente \$80/galón, es decir, que en aproximadamente 17 años el precio del galón ha aumentado un 50%, lo que refleja una situación preocupante con respecto a la valoración actual del recurso (PBOT, 2000).



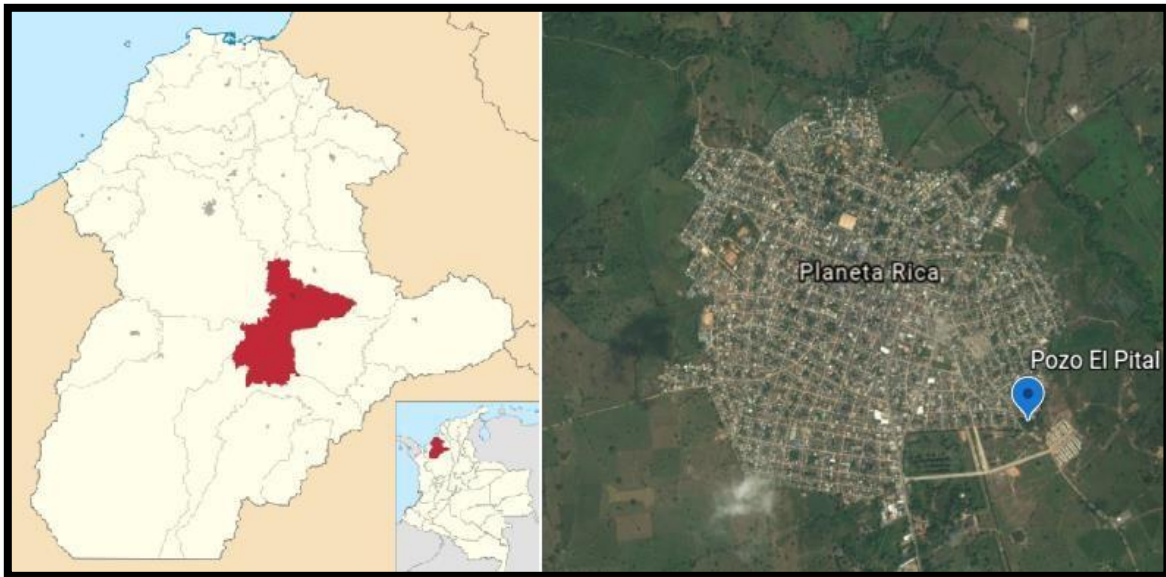
En este sentido, a través de este estudio se busca valorar económicamente el recurso natural y sus servicios ambientales, con el fin de establecer lineamientos o acciones que contribuyan al cuidado y protección del pozo El Pital.

## **Metodología**

Los métodos de valoración económicos que se utilizaron para estimar los costos y beneficios socioambientales del pozo El Pital fueron la valoración contingente y el costo-efectividad. Se trabajó con fuentes de información primaria obtenidas en campo mediante encuestas y cuestionarios, además de información secundaria proveniente de estudios socioeconómicos y ambientales de la zona. La caracterización de las condiciones medioambientales del Pozo el Pital se realizó a partir de la valoración obtenida con la matriz de impactos ambientales de actividades existentes propuesta por Arboleda-González (2008). Para ello, se llevaron a cabo visitas a campo, identificando los impactos y consignándolos en la respectiva matriz, además se utilizó información secundaria (PBOT, 2000; Álvarez y Gómez, 2016) sobre las condiciones ambientales del pozo. Para la recolección de los datos asociados a la medición de la importancia que los habitantes del municipio le concedían a El Pital y el servicio ambiental que este presta, se diseñó, construyó y validó mediante panel de expertos un cuestionario que constaba de 22 preguntas, aplicado a una muestra de 350 viviendas circunscritas al Pozo, que fueron calculadas a partir de un muestreo aleatorio simple de la población total de 3 960 viviendas aledañas al pozo, basándose en la información de viviendas para el año 2017, proporcionadas por el Departamento Nacional de Estadística (DANE).

Para la consolidación de los datos obtenidos en las encuestas realizadas y con el objetivo de conocer la disposición a pagar de la población en cuestión y teniendo en cuenta la importancia que los beneficiarios le daban al Pozo el Pital, además del servicio que este presta, se utilizó el programa STATA 12.0, el cual permitió conocer la disposición a pagar de los habitantes del municipio Planeta Rica para la aplicación de medidas de mejoras ambientales y de saneamiento del pozo.

Por último, el área de estudio se encuentra ubicado en el casco urbano del municipio Planeta Rica, en la manzana 096 según la Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en las coordenadas geográficas 8° 17'15" Latitud Norte y 75° 73'55" Longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich (**figura 1**).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de Córdoba, Planeta Rica, El Pital. Fuente: Google Earth, 2020

## **Resultados y discusión**

### **Condiciones socioambientales**

A partir de la descripción de las condiciones y características en términos ambientales y de sanidad, con relación al uso y consumo del recurso hídrico procedente del Pozo El Pital, se concluyó que las condiciones en las que es aprovechado el recurso hídrico son decadentes y se observó que hay fallas en el sistema de abastecimiento y en la disposición de las excretas equinas procedentes del sistema de transporte del fluido a través del municipio, que vuelven el agua poco apta para consumo humano; este sistema de transporte genera, además, pérdidas del recurso y simultáneamente degrada la calidad visual de la zona.

## **Selección de métodos de valoración económica de los bienes, servicios e impactos ambientales**

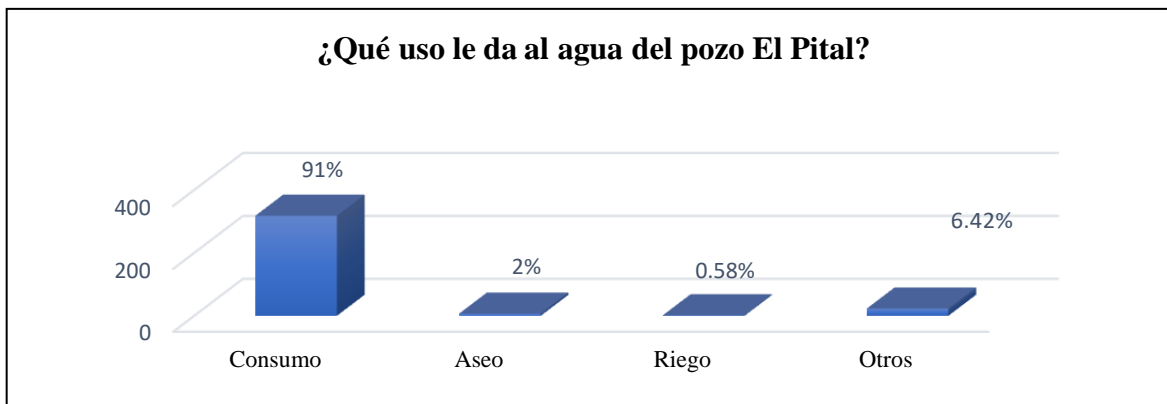
De acuerdo con la información que se tiene del Pozo El Pital, se revisó cada uno de los métodos y se seleccionaron aquellos que, a partir de aspectos subjetivos como la calidad visual, determinarían los beneficios por la implementación de las mejoras ambientales. Estos métodos son usados cuando no existe información de mercado ni valores subrogados acerca de las preferencias de los individuos (disposición a pagar o aceptar) respecto de ciertos recursos naturales o servicios ambientales. Así mismo, a partir de estos métodos se valoran los cambios en la productividad humana resultantes de efectos negativos sobre la salud por contaminación o degradación ambiental o cambios en la disponibilidad de recursos naturales.

Los métodos fueron escogidos teniendo en cuenta sus características descriptivas, las cuales se adaptaron a las condiciones de la zona, los cuales fueron los siguientes:

1. Método de Costo–Efectividad
2. Métodos de Valoración Contingente (Mercados construidos)

### **Análisis de resultados obtenidos en las encuestas**

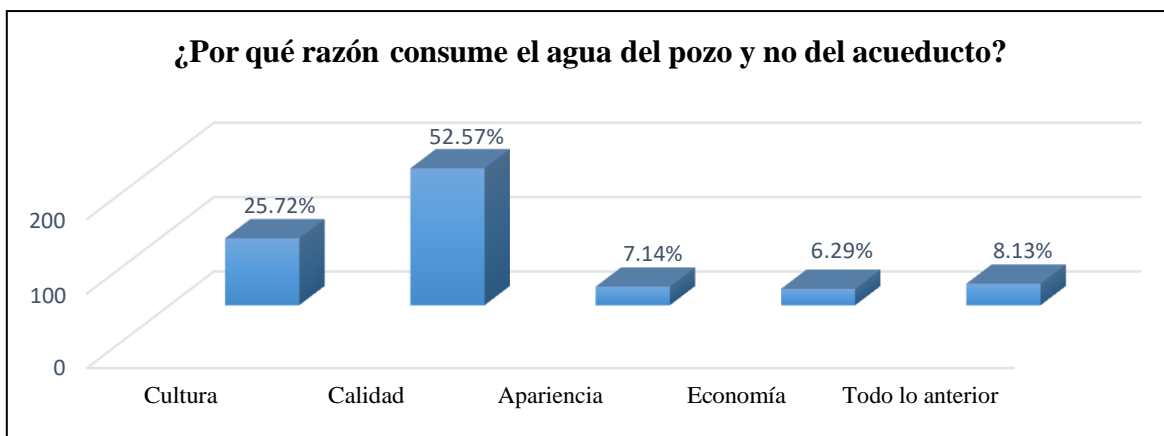
Con los resultados obtenidos en la encuesta realizada a la muestra de 350 viviendas que hacen parte de la comunidad circunscrita al pozo El Pital, se logró concluir que la principal fuente de abastecimiento para agua de consumo en los hogares, sin importar la edad, el género o el estrato socioeconómico de estas viviendas, es el agua procedente de este pozo. En la **figura 2** se muestran porcentajes de los usos que se les da al agua proveniente del pozo, señalando un 91% (318) para consumo humano, los valores restantes están distribuidos 2% (7) para aseo, 0.58% (2) riego y 6.42% (23) otros usos.



**Figura 2.** Uso que se le da al agua del pozo. Fuente: elaboración propia

La razón del consumo de esta agua es debido a que, en su mayoría, los pobladores de este municipio consideran que esta agua es de mejor calidad que el agua que brinda el sistema de acueducto municipal, principalmente porque asocian el aspecto del agua del pozo El Pital que en comparación del agua de la red de acueducto posee menor color aparente.

En la **figura 3** se indican las razones por las que las personas consumen el agua del pozo El Pital, indicando 25.72% (90) por cultura, 52.57% (184) por calidad, 7.14% (25) por apariencia, 6.29% (22) por economía y el 8.13% (29) por todo lo anterior.



**Figura 3.** Razones por las que se consume agua del pozo y no del acueducto municipal. Fuente: elaboración propia

El análisis fisicoquímico y microbiológico utilizado para la identificación de los posibles impactos generados en torno al pozo El Pital se toma a partir de estudios



realizados por Álvarez y Gómez (2016), donde se logró identificar que efectivamente la calidad del agua procedente de esta fuente de abastecimiento no posee las condiciones necesarias para considerarse como apta para el consumo humano, así como se muestra en la **tabla 1**.

**Tabla 1.**

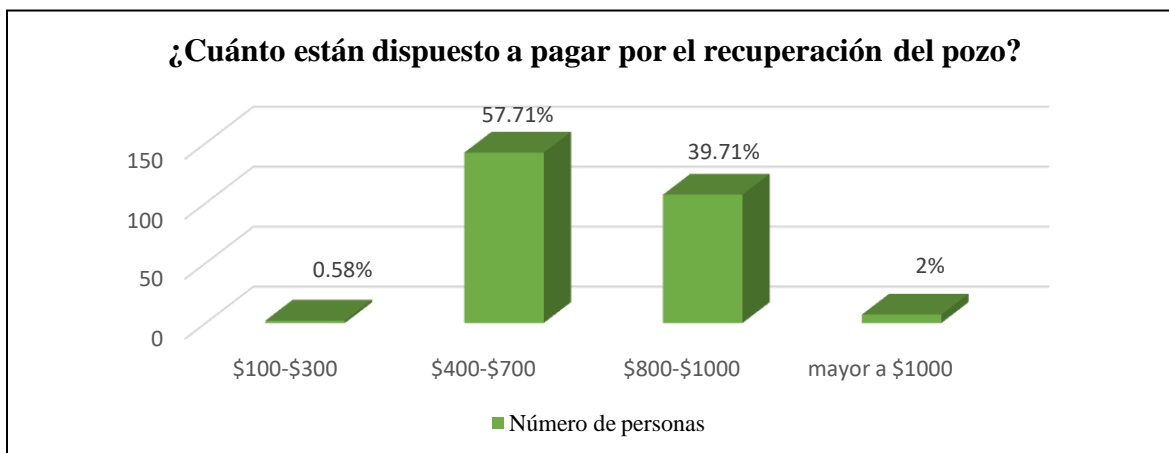
*Análisis fisicoquímico y microbiológico en el pozo El Pital*

Parámetros	Muestras			Normatividad (decreto 1076/2015)
	Aljibe 1	Aljibe 2	Aljibe 3	
<b>Microbiológicos</b>				
<b>Coliformes totales</b>	Menor a 1	Menor a 1	Menor a 1	0 ufc/100 ml
<b>Coliformes fecales</b>	Menor a 1	Menor a 1	Menor a 1	0 ufc/100 ml
<b>Físico – químicos</b>				
<b>Ph</b>	6.39	5.59	4.51	5 – 9.0
<b>Color aparente</b>	5.0	5.0	5.0	15 upc
<b>Olor</b>	Inobjetable	Inobjetable	Inobjetable	Aceptable
<b>Turbiedad</b>	0.21	0.19	0.18	2 unt
<b>Conductividad</b>	230	195	160	50 – 1000 micromhos/cm
<b>Sustancias flotantes</b>	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
<b>Cloruros</b>	340	190	260	250 mg/l cl
<b>Alcalinidad</b>	70	80	80	200 mg de caco3
<b>Dureza total</b>	40	31	28	300 mg/l de caco3

Fuente: Álvarez y Gómez (2016)

Para la comunidad del municipio Planeta Rica, la prioridad con respecto a la protección del pozo el Pital, es la del mantenimiento bajo las condiciones ambientales y sanitarias adecuadas y quienes deben ocuparse de este trabajo es el conjunto de la comunidad con las entidades públicas y privadas. La comunidad demostró una disposición positiva a pagar por las mejoras ambientales planteadas en favor del mantenimiento de El Pital, con un 73.72% (258), frente a una negativa de 26.28% (9).

La cantidad de dinero que la comunidad está dispuesta a pagar de más por cada “lata de agua” en pro del mantenimiento del pozo El Pital, según la encuesta aplicada es: el 0.58% (2) está dispuesto a pagar entre \$100-\$300, el 57.71% (202) \$400-\$700, el 39.71% (139) \$800-\$1000 y el 2% (7) más de \$1000 pesos colombianos (**figura 4**).



**Figura 4.** Disposición a pagar por rangos de costos. Fuente: elaboración propia

### Metodología para la evaluación de impactos ambientales en actividades existentes

Como resultado de la aplicación de la matriz de impactos ambientales para actividades existentes del Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras y actividades (Arboleda, 2008), se obtuvieron las tres actividades registradas en la **tabla 2**, diseñándose las medidas correspondientes a cada problemática ambiental.

**Tabla 2.**

*Matriz de evaluación de impactos ambientales para actividades existentes*

ASPI	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Significación legal	Significación social	Significación ambiental				Impacto significativo	
					Probabilidad	Frecuencia	Área de influencia	Severidad		
Extracción de recurso hídrico	Fallas en el sistema de conducción	Desperdicio del recurso hídrico	3	1	2	1	1	2	6	Si
		Deterioro paisajístico	3	1	1	1	1	1	4	Si
		Infiltración de agentes externos en el sistema de conducción hacia el sistema de almacenamiento	3	1	1	2	1	0	4	Si
Almacenamiento del recurso hídrico	Fallas en el sistema de llenado	Degradación de la calidad visual del área del pozo	3	2	2	3	2	0	7	Si
		Desperdicio del recurso hídrico	3	2	2	3	2	3	11	Si
		Aumento del	3	1	3	2	1	0	6	Si

	volumen de agua infiltrada a la napa freática								
Inadecuada disposición de excretas equinas	Contaminación del recurso hídrico por infiltración de contaminantes provenientes de excretas y orinas equinas	3	2	3	3	1	2	9	Si
Obstrucción de la movilidad vehicular y peatonal	Alteración de la movilidad y transporte en la vía Planeta Rica-El Reparo	3	1	2	2	2	0	6	Si

Fuente: elaboración propia

Para la elección de los impactos más relevantes y de los cuales se priorizaron las medidas, se basó su puntaje en la significancia legal, social y ambiental, dado que todos representan impactos de importancia; se escogieron aquellos en los cuales al menos dos de las tres significancias hayan resultado de importancia.

#### **Impactos de importancia:**


- Contaminación del recurso hídrico por infiltración de contaminantes provenientes de excretas equinas
- Degradación de la calidad visual del área del pozo
- Desperdicio del recurso hídrico

#### **Medidas ambientales para la conservación del área del pozo El Pital**

Las medidas que se plantearon para el mantenimiento del pozo fueron:

La construcción de dos tanques de almacenamiento, considerando un volumen total de 121 m<sup>3</sup> que, para efectos de construcción se dividirá en dos; el volumen total se obtuvo teniendo en cuenta el número de viviendas que compran esta agua, el volumen de las latas que distribuyen el agua del pozo, el volumen requerido por las expendedoras de agua, las veces en las que se realiza el llenado diario de las mismas y el número de latas que caben en el coche que las transporta.

A partir de estos datos, se estimó que el volumen de cada tanque será de 62 m<sup>3</sup>, con un dimensionamiento de 2.5 metros de alto, 5 metros de largo y de ancho. Cada estructura



estará construida en concreto de 3000PSI, siguiendo las disposiciones de la NSR 10, Título C, capítulo C.23. El primer tanque tendrá la carga directa de las bombas, es decir, se dará una conducción desde los aljibes a este tanque, mientras que el segundo tanque estará conectado a una tubería que permitirá el llenado directo de los coches, es decir, al sistema de recarga de los caballos; por efectos de cálculo, esta tubería será en PVC de una pulgada y tendrá una pendiente de diseño del 3%.

Con el fin de tener redundancia en el sistema, también se instalará un sistema Bypass que será controlado por un operario. Se asentarán siete bombas, la capacidad de cada bomba y la potencia del motor serán de 1 HP, suficientes para elevar el caudal de bombeo a la máxima altura piezométrica esperada. Dicha obra tendría un costo total de \$27'720.103 pesos colombianos, como lo especifica la **tabla 3**.

La segunda medida planteada está basada en la construcción de una cobertura impermeable en concreto de 3000 psi, con una ubicación inmediata al tanque de abastecimiento número dos, las dimensiones de dicha placa deberán ser de 3.90 m de longitud por 2.40 m de ancho, es decir, contará con un área de 9.36 m<sup>2</sup>. Esta cobertura recibirá las deposiciones equinas de forma directa durante la actividad de llenado de los carrocoches, debido a que aquí será el lugar en donde el caballo se ubicará durante esta actividad, se realizará un lavado periódico de esta área, las aguas residuales generadas serán transportadas a través de una cuneta en V, con una longitud de 30.6 m; dicha cuneta llevará aguas cargadas de orina y heces equinas hacia un tanque de almacenamiento de aguas residuales que estará empotrado en el suelo, las dimensiones de dicho tanque serán de 2 m de altura, de los cuales sobresaldrán 30 cm de la estructura que permitirá el llenado del contenedor, 1.5 m de base y 1.4 m de lado.

**Tabla 3.***Tanques de distribución y almacenamiento*

	<b>Material/Personal</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio total</b>
<b>Materiales en obra(3000psi)</b>	Tubería de 6 mestros	\$ 31 831	14	m	\$ 445 634
	Bypass	\$ 220 281	1	unidad	\$ 220 281
	Codos de 90°	\$ 2 176	2	unidad	\$ 4 352
	Tee de union	\$3 030	5	unidad	\$ 15 150
	Válvula de cierre	\$38 227	1	unidad	\$ 38 227
	Entrada	\$8 238	2	unidad	\$ 16 476
	Salida	\$8 238	10	unidad	\$ 82 380
	Unión	\$ 15 384	17	unidad	\$ 261 528
	Reducción	\$ 37 607	1	unidad	\$ 37 607
	ampliación	\$ 83 400	1	unidad	\$ 83 400
	soldadura liquida	\$ 110 277	4	1/4 de galón	\$ 441 108
	Concreto impermeabilizado en obra	\$ 450 000	28,48	m3	\$ 12 816 000
	Operador del pozo	\$ 737 717	12	meses	\$ 8 852 604
	Varilla 5/8"	\$ 3 150	820	unidad	\$ 2 583 000
	<b>Actividad/Personal</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio total</b>
<b>Mano de obra</b>	Instalación de tubería	\$ 103 506	90	20 metros	\$ 465 777
	Vaciado	\$ 13 000	28,48	m3	\$ 370 240
	Amarrado	\$400	3 016	kg	\$ 1 206 400
	Operador del pozo	\$ 737 717	12	meses	\$ 8 852 604
<b>Total</b>					<b>\$ 27 720 103</b>

Fuente: elaboración propia

Este tanque contará con un sensor de llenado que activará el sistema de bombeo cuando haya llegado al nivel requerido, dicho sistema impulsará el agua residual almacenada a través de un sistema de tuberías hacia un posible predio o huerta localizada en el área rural ubicada en la proximidad del pozo El Pital. Cabe resaltar que los costos de inversión en el sistema de conducción y bombeo de estas aguas ricas en nutrientes hacia el predio a regar los asumirá el propietario o beneficiario de este servicio, con el que eventualmente se pactarán los términos de uso del agua residual, con un costo real total de \$2'393.165 pesos colombianos, asociados a los gastos registrados en la **tabla 4**.

**Tabla 4.***Placa de concreto y aprovechamiento de las deposiciones equinas*

	<b>Material</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio total</b>
Materiales en obra(3000 psi)	Cemento	\$19 000	26	bultos	\$494 000
	Grava	\$55 500	2,21	m3	\$122 655
	Arena	\$25 000	1,52	m3	\$38 000
	Agua	\$25	673	L	\$16 825
	Varilla 5/8"	\$3 150	40	Unidad	\$126 000
	Varilla 1/2"	\$1 995	40	Unidad	\$79 800
	Bomba de agua residual 1/2	\$490 000	1	Unidad	\$490 000
	Salida	\$8 238	1	Unidad	\$8 238
	Cuneta	\$24 927	31	m	\$772 737
	Malla electrosoldada 1/4"	\$45 000	1	m2	\$45 000
Mano de obra	<b>Personal</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio total</b>
	Calculista	\$6 200	14	m2	\$86 800
	Amarrado	\$400	170	kg	\$68 000
	Vaciado	\$13 000	3.47	m3	\$45 110
<b>Total</b>					\$2 393 165

Fuente: elaboración propia

La tercera medida se divide en dos actividades, la primera es la reforestación del área circundante al pozo El Pital con el árbol nativo “campano” (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.), que permitirían mejorar la capacidad de infiltración del agua hacia los aljibes que se abastecen de agua subsuperficial y del acuífero mismo por medio de la generación de mulch y por las características de sus raíces. Así mismo, se construirá una cerca para evitar el acceso de animales que pongan en peligro los árboles plantados, cada árbol estará separado 20 metros el uno del otro, colocándose a lo largo de todo el perímetro del área culturalmente conocida como del pozo.

La distancia entre los árboles fue escogida de tal forma que no perturbara el crecimiento entre uno y otro, además se tuvo en cuenta el espacio requerido para los factores limitantes de la planta (luz, nutrientes, agua, entre otros). La segunda actividad corresponde a las capacitaciones, las cuales estarán a cargo de un equipo de trabajo conformado por un ingeniero ambiental, un trabajador social y acompañamiento de la alcaldía de Planeta Rica; se llevarán a cabo en ocho grupos de 300 personas, ya que es importante que se vinculen a todas las personas circunscritas (3 960 habitantes) al pozo, se estima que cada sesión de capacitación durará alrededor de 60 a 90 minutos.

Los costos asociados a esta medida ascienden a los \$14'002,734.00 pesos colombianos relacionados a los gastos registrados en el presupuesto presentado en la **tabla 5**.

**Tabla 5.**

*Bosque de galería y cerca*

Equipo	Material	Precio Unitario	Cantidad	Unidad	Precio total	
	Herramienta menor	\$ 567.7		Unidad	\$567.7	
Materiales de obra/Materiales de capacitación	Alambre de pua calibre 12.5	\$398	234	m	\$93 132	
	Grapa para cerca	\$4 900	14	2 libras	\$68 600	
	Poste de Madera para Cerca.	\$23 900	158	unidad	\$3 776 200	
	Campanos(Samanea Sansa)	\$10 000	11	unidad	\$10 000	
	Siembra	\$10 000	12	unidad	\$120 000	
	Cartillas educativas	\$300	3960	cartillas	\$1 188 000	
	Auditorio	\$200 000	4	días	\$800 000	
	Refrigerios	\$500	3965	Unidad	\$1 982 500	
Mano de obra	Personal	Precio Unitario	Cantidad	Unidad	Periodo de tiempo	Precio total
	Vigilante	\$737 717	1	mes	6 meses	\$4 426 302
	Ayudante	\$25 000	3	día	10 días	\$750 000
	Trabajador social	\$50 000	1	medio día	2 días	\$100 000
	Ingeniero ambiental	\$84 000	1	día	7 días	\$588 000
<b>Total</b>					\$14 002 734	

Fuente: elaboración propia

A partir de la realización de los presupuestos de cada medida, se obtiene que la implementación en un principio de estas sería de: \$ 44'116,002.00 pesos colombianos.

**Disposición a pagar**

Una vez identificadas las mejoras ambientales para la conservación y recuperación del pozo El Pital, se pudieron determinar los costos a partir de los presupuestos de dichas estrategias. De este modo, se inició el proceso que permitió dar paso a encontrar los beneficios por medio de los modelos económicos ambientales.

Para la aplicación de estos modelos, se analizó la pregunta dicotómica del cuestionario aplicado a las 250 personas de la muestra, donde se le planteó al individuo entrevistado si estaba o no dispuesto a pagar una determinada cantidad por el uso del agua del pozo El Pital. Para ello, en primer lugar, se aplicó el modelo de Hanemann (1984), que

permitió estimar la disposición media a pagar y, en segundo lugar, se analizaron cuáles variables socioeconómicas afectaron a la probabilidad de que un individuo acepte o no el pago propuesto. Si se supone que la función de utilidad es lineal, entonces la media de la disposición a pagar (DAP) coincide con la mediana y pudo ser obtenida a través de la siguiente expresión:

$$E(DAP) = -\alpha/\beta$$

**Ecuación 1.** Disposición a pagar. Fuente: Hanemann (1984)

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son, respectivamente, los coeficientes estimados para la constante y la variable precio de entrada en el modelo logit.

Los resultados estadísticos y econométricos fueron procesados mediante el software estadístico STATA 14.0 para Windows y el nivel de significancia escogido para determinar la influencia estadística en la respuesta dicotómica Y es 0.05 (**figura 5**).

```


Logistic regression                Number of obs   =       351
                                   LR chi2(1)       =       363.39
                                   Prob > chi2        =       0.0000
Log likelihood = -20.215597        Pseudo R2       =       0.8999
  
```

Dispuestosapagar	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Disposiciónapagar	-.0130447	.0016617	-7.85	0.000	-.0163016	-.0097877
_cons	3.795237	.6765504	5.61	0.000	2.469223	5.121252

**Figura 5.** Modelación en STATA. Fuente: elaboración propia

Posterior al análisis matemático correspondiente, se obtuvo el costo total que significa la implementación de las mejoras anteriormente expuestas en un periodo de un año; teniendo en cuenta que en una de las mejoras se requiere la operación a largo plazo llevada a cabo por dos operarios, el costo total es de \$ 44'116,002.00 pesos colombianos y se estima que se necesitarán alrededor de 21 días para cubrir el costo total, ya que se obtienen \$ 45'084,528.00 pesos colombianos en dichos días, lo cual, en un año significan \$






558'189,320.00 pesos colombianos. Por lo anterior, se consideran totalmente viables estas medidas.

## **Conclusiones**

Durante el trabajo de campo se logró evidenciar las precarias condiciones ambientales actuales del pozo asociadas a los agentes contaminantes de las heces equinas, infraestructura deteriorada, uso inadecuado del agua, maltrato animal, etc. Todo lo anterior ocasiona un riesgo sanitario y un impacto ambiental significativo, el cual viola la normatividad de protección de las áreas declaradas como Patrimonio Cultural y Paisajístico del país, por lo que las medidas anteriormente propuestas se tornan de gran urgencia.

De acuerdo con el componente social y, según los resultados de la encuesta aplicada a la población seleccionada, se concluye que el consumo promedio mensual de agua por familia es de 1 120 l, tomados directamente del pozo El Pital, por los que se pagan alrededor de \$ 30,000.00 pesos colombianos mensuales, considerando que este precio se ve justificado en el transporte. De acuerdo con lo anterior, es importante destacar que este costo es alto, si se compara con la prestación del servicio de acueducto, puesto que el valor por metro cúbico de agua para el municipio de Planeta Rica es de aproximadamente \$ 1 724 pesos colombianos en promedio, para un estrato dos.

Por otro lado, se pudo identificar que el 91% de la población usa esta agua para consumo, sin embargo, gran parte de esta no realiza un tratamiento adecuado, haciéndolos propensos a enfermedades debido a que la calidad del agua del pozo El Pital no sigue los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos estandarizados en el Decreto 1076 de 2015. Además, debido a la importancia del recurso, los habitantes del municipio consideran que los actores involucrados para velar por la conservación, recuperación y administración adecuada del Pozo El Pital, debería ser el estado. Teniendo en cuenta las circunstancias anteriores, se establecieron tres medidas de intervención que deberían ser aplicadas en conjunto, puesto que estas mejorarían de forma sustancial las condiciones ambientales del área en cuestión y, por lo tanto, la calidad de vida de los habitantes del municipio de Planeta Rica. Estas tres medidas se tasaron en un costo aproximado de \$ 44'116,002.00 pesos colombianos.




Para el caso de los beneficios se estableció un mercado hipotético en el cual se les preguntaba a las personas sobre la disposición a pagar para la conservación del Pozo El Pital, lo que generó que las personas estuvieran dispuestas a asumir un valor de \$271.07 pesos colombianos adicionales para la implementación de dichas medidas. En esta metodología se detectó que las variables que más influyen en la disposición a pagar de las personas son: litros consumidos por día, capacidad de almacenamiento en litros, importancia del recurso en su trabajo e importancia del pozo El Pital.

Con esta información se pudo estimar que los beneficios colectivos esperados ascienden a \$ 45'084,528.00 pesos colombianos mensuales, obtenidos a partir del número de viviendas circunscritas al pozo en un radio de 1 km, por el número de latas consumidas en un día, por la disposición a pagar. Contrastando los resultados de los costos asociados a las medidas de intervención con los beneficios subjetivos percibidos, se puede decir que, para las personas, los beneficios cuantificados superan a los costos de las medidas y, por lo tanto, en términos sociales estas medidas generarían un impacto positivo en su bienestar.

De esta forma, las medidas planteadas socialmente son posibles, sin embargo, hay que resaltar que sanitaria y ambientalmente dichas medidas no son viables dados los factores asociados al deterioro ambiental en relación con la prestación del servicio de distribución del líquido anteriormente mencionado, aclarando además que, al ser un mercado artificial, no podemos decir que también lo sea económicamente.

### **Literatura citada**

- Álvarez, E. y Gómez, N. (2016). *Caracterización físico - química y microbiológica de la aguada El Pital municipio Planeta Rica, Córdoba*. (Tesis de especialización). Universidad Popular del Cesar. Colombia. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/486208818/Caracterizacion-fisico-quimica-y-microbiologica-de-la-aguada-El-Pital-municipio-Planeta-Rica-Cordoba-Universidad-Popular-del-Cesar>
- Arboleda-González, J. A. (2008). *Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín, Colombia. Recuperado de:



[https://www.academia.edu/14204956/Manual\\_de\\_evaluaci%C3%B3n\\_de\\_impacto\\_ambiental\\_EIA\\_de\\_proyectos\\_obras\\_o\\_actividades](https://www.academia.edu/14204956/Manual_de_evaluaci%C3%B3n_de_impacto_ambiental_EIA_de_proyectos_obras_o_actividades)

Barzev, R. (2002). Valoración económica de los recursos naturales, bienes, servicios e impacto ambiental. In *Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales*. Managua, Nicaragua. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/391549432/Guia-VE-Rado-larga-pdf>

Brito-Mancero, M., Yaulema-Garcés, F. M. y Santillana-Quiroga, L. M. (2020). Valoración económica ambiental del recurso suelo de tres parroquias rurales del Cantón Riobamba. *Conciencia Digital*, 3(3), 397-415. Recuperado de: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1331/3267>


Departamento Nacional de Estadísticas-DANE. (2017). *Geoportal estadístico*. Recuperado de: <https://geoportal.dane.gov.co/servicios/atlas-estadistico/>

Giraldo, N. (2008). Agua para consumo doméstico en Colombia- costos y regulación tarifaria. *Gestión y ambiente*, 11(1), 97-108. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/317370503\\_Cadavid-Giraldo\\_N\\_2008\\_Agua\\_para\\_consumo\\_domestico\\_en\\_Colombia\\_costos\\_y\\_regulacion\\_tarifaria\\_Gestion\\_y\\_ambiente\\_111\\_97-108](https://www.researchgate.net/publication/317370503_Cadavid-Giraldo_N_2008_Agua_para_consumo_domestico_en_Colombia_costos_y_regulacion_tarifaria_Gestion_y_ambiente_111_97-108)

Global Water Partnership. (2013). *Evaluación de Recursos Hídricos – Conocimiento de los recursos y de las necesidades (C1)*. Recuperado de: <http://www.gwp.org/es/Toolbox/Herramientas/Instrumentos-de-Gestion-/Evaluacion-de-Recursos-Hidricos/>

Google Inc. (2020). Google Earth, Versión 7.3.3.7786 (64-bit). USA. Recuperado de: <https://www.google.com/earth/>

Hanemann, M. (1984). Welfare Evaluation in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses. *American Journal of Agricultural Economics*, 66 (3), 222-241. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/1242685?seq=1>



Ley 142 de 1994. *Diario Oficial No. 41.433*, Bogotá, Colombia, 11 de julio de 1994.  
Recuperado de:

[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0142\\_1994.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-Minambiente. (2020). *Valoración Económica Ambiental. Colombia*. Recuperado de:

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/valoracion-economica-ambiental>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-UNESCO. (2015). *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas*. Recuperado de:

<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>

Pearce, D. y Turner, R. (1990). Economic of natural resources and environment. *American Journal of Agricultural Economics*, 73 (1), 1-378. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/31662420\\_Economics\\_of\\_natural\\_resources\\_and\\_the\\_environment\\_DW\\_Pearce\\_RK\\_Turner](https://www.researchgate.net/publication/31662420_Economics_of_natural_resources_and_the_environment_DW_Pearce_RK_Turner)

Plan Básico de Ordenamiento Territorial-PBOT. (2000). *Acuerdo 033, Alcaldía de Planeta Rica 01-59*. Recuperado de:

[http://tramites1.suit.gov.co/registro-web/suit\\_descargar\\_archivo?A=16761](http://tramites1.suit.gov.co/registro-web/suit_descargar_archivo?A=16761)

Resolución 1084 de 2018. *Diario Oficial No. 50.632*, Bogotá, Colombia, 22 de junio de 2018. Recuperado de:

[https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minambienteds\\_1084\\_2018.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_1084_2018.htm)

Sepúlveda-Vargas, R. (2008). Valoración económica del uso recreativo del Parque Ronda del Sinú, en Montería, Colombia. *Semestre Económico*, 67-90. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v11n22/v11n22a4.pdf>