

ZONAS DE RECARGA HIDRÍCA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO GÜERA¹

Sugey Y. Bustamante Rodríguez²; David Urriola Escudero³; Luis C. Díaz Henríquez⁴

RESUMEN

El estudio se realizó en la parte media de la cuenca hidrográfica del río Tonosí (N°124), particularmente la subcuenca hidrográfica del río Güera: 7°36'03" de latitud norte, 80°33'05" de longitud oeste. El objetivo del estudio fue identificar, caracterizar y delimitar las fuentes de agua con potencial de zonas de recarga hídrica. Se evaluaron variables como: Pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal y uso del suelo. Se le otorgaron valores porcentuales a cada variable de acuerdo a su nivel de importancia. Resultaron 10 fuentes priorizadas de recarga hídrica, considerando que deben contar con los tres estratos de sistemas de producción agropecuaria y ganadería extensiva, entre otras características propias de la zona en estudio. Las fuentes de agua, con mayor potencial como zonas de recarga hídrica fueron la fuente uno, con muy alta (4,33) y las fuentes cinco, siete, nueve y 10, con 3,99; 3,58; 3,86 y 3,36, respectivamente; con alta posibilidad de recarga o las más propicias para que ocurra el proceso de recarga; seguido de la fuente cuatro, seis y ocho, con 2,96; 3,13 y 3,36, respectivamente, como moderada posibilidad de recarga. Finalmente, las fuentes dos y tres, con 2,09 y 2,44, respectivamente, resultando con baja posibilidad de recarga, y que requieren de mayor atención con acciones inmediatas de manejo integral de las zonas.

Palabras clave: Zonas de recarga hídrica, fuentes de agua, protección y manejo.

¹ Recepción: 20 de marzo de 2021. Aceptación: 14 de octubre de 2021.

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). M.Sc. Manejo de Cuencas Hidrográficas.
e-mail: sugbust29@hotmail.com

³ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). M.Sc. Agricultura Tropical.
e-mail: ingdavidurriola4@gmail.com

⁴ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Ing. Manejo de Producción Animal.
e-mail: luiscdiaz74@hotmail.com



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

WATER CHARGING AREAS IN THE GÜERA RIVER SUB-BASIN

ABSTRACT

The study was carried out in the middle part of the Tonosí river basin (N° 124), particularly the Güera river sub-basin: 7°36'03" north latitude, 80°33'05" west longitude. The objective of the study was to identify, characterize and delimit water sources with potential for water recharge zones. Variables such as: Slope, type of soil, rock type, vegetation cover and land use were evaluated. Percentage values were assigned to each variable according to their level of importance. As a result, 10 prioritized sources were characterized considering whether they are owned or private property, and that they have the three strata of agricultural production systems and extensive livestock, among other characteristics of the area under study. The water sources with the greatest potential as water recharge zones were zone one, with very high (4,33) and zones five, seven, nine and 10, resulting with 3,99; 3,58; 3,86 and 3,36, respectively; with high possibility of recharging or the most conducive for the recharging process to occur; followed by zones four, six and eight, with 2,96; 3,13 and 3,36, respectively, as a moderate possibility of recharging. Finally, zones two and three, with 2,09 and 2,44, respectively, resulting in a low possibility of recharging, and which require greater attention with immediate actions for the comprehensive management of the zones.

Key words: Water recharge zones, source of water, protection and management.

INTRODUCCIÓN

El consumo de agua se ha multiplicado por seis en el último siglo y crece a un ritmo de un 1% anual (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2020). Considerando, que el cambio climático se manifiesta en el aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos tales como las tormentas, las inundaciones y sequías o las olas de calor que agravarán la situación de los países que actualmente sufren 'estrés hídrico' y generará problemas similares en áreas que no se han visto gravemente afectadas. Además, el informe destaca el hecho de que la mala gestión del agua tiende a exacerbar los impactos del cambio climático no sólo de los recursos hídricos, sino de la sociedad en su conjunto.

Regionalmente, los países, se ven gravemente afectados por la variabilidad climática y los fenómenos atmosféricos extremos y se prevé que continuarán



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

produciéndose los cambios observados en el flujo fluvial y la disponibilidad de agua, afectando a las regiones vulnerables tanto en América Central como del Sur. Sin embargo, América Latina y el Caribe están bien dotados de recursos hídricos. Poseen el 15% del territorio global, el 10% de la población mundial y reciben el 29% de las precipitaciones del planeta. Sin embargo, la distribución espacial y temporal es desigual; los lugares más áridos y más húmedos del planeta se encuentran en la región, por lo tanto, la disponibilidad de agua para sus diferentes usos puede variar considerablemente entre países, y dentro de distintas áreas en un mismo país (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

Según estudios realizados en 93 países en desarrollo en los que escasea el agua, se están explotando las reservas de agua más deprisa de lo que se pueden renovar. Para estos países que se encuentran en una situación crítica, esto significa que para satisfacer las necesidades agrícolas deben extraer más de un 40% del total de sus recursos hídricos renovables. Otros ocho países están bajo presión, ya que para satisfacer las necesidades de la agricultura deben extraer más del 20% del total de sus recursos hídricos (FAO, 2018).

El recurso hídrico es de gran importancia para los ecosistemas y la subsistencia de la población humana, lo que lo convierte en un recurso integral que incorpora la interacción de los diferentes sistemas y la influencia de la actividad humana.

Pero, a pesar de la importancia que tiene este vital líquido, existe un deterioro generalizado de las zonas de recarga hídrica causada por la intervención del hombre en el desarrollo de actividades agrícolas, industriales, extracción de leña, construcción de viviendas y actividades pecuarias entre otros en sitios no apropiados y con la implementación de prácticas inadecuadas que como producto están incidiendo negativamente en calidad y cantidad de agua en las fuentes superficiales y subterráneas, situación a la que Panamá no es ajena, es más, consciente de la situación, el país, ha realizado intentos a favor de conservar las fuentes y zonas potenciales de recargas hídricas a nivel nacional, caso particular de las subcuencas del río Güera y río Quema, con la intención, la cual cuenta con escasa información, aun siendo afluentes importantes de la



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

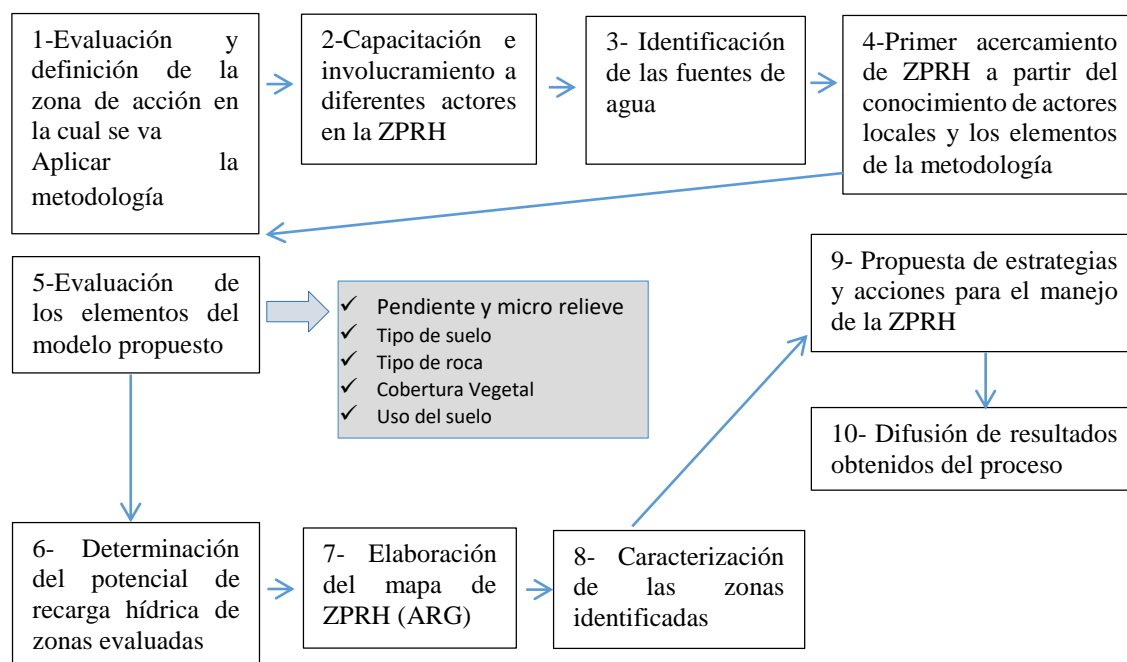
cuenca principal (Río Tonosí), a través del estudio se plantea la caracterización de las fuentes de agua, y que resulten producto de la evaluación de las variables, zonas con potencial de recarga hídrica, gracias a la aplicación de la metodología de identificación participativa de cuencas hidrográficas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la parte alta/media de la cuenca del río Tonosí, específicamente en puntos específicos afluentes de la sub cuenca hidrográfica del río Güera: 7°36'03" de latitud norte, 80°33'05" de longitud oeste, a una altitud de 300 m, 350 mm/año, con 28 °C y 90% humedad relativa. La época lluviosa es de mayo a noviembre. Los suelos son inceptisoles, con textura franca a franca arcillosa, quebrados, fuertemente ondulados y con pendientes entre 20% y 60%, en su mayoría (Figura 1).

Se evaluaron 10 fuentes de agua, como posibles zonas con potencial de recarga hídricas, basándose en la metodología descrita por Matus, 2009; respondiendo a 10 pasos, como se describen a continuación:

Inventario y caracterización participativa de fuentes de agua (Matus, 2009):



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

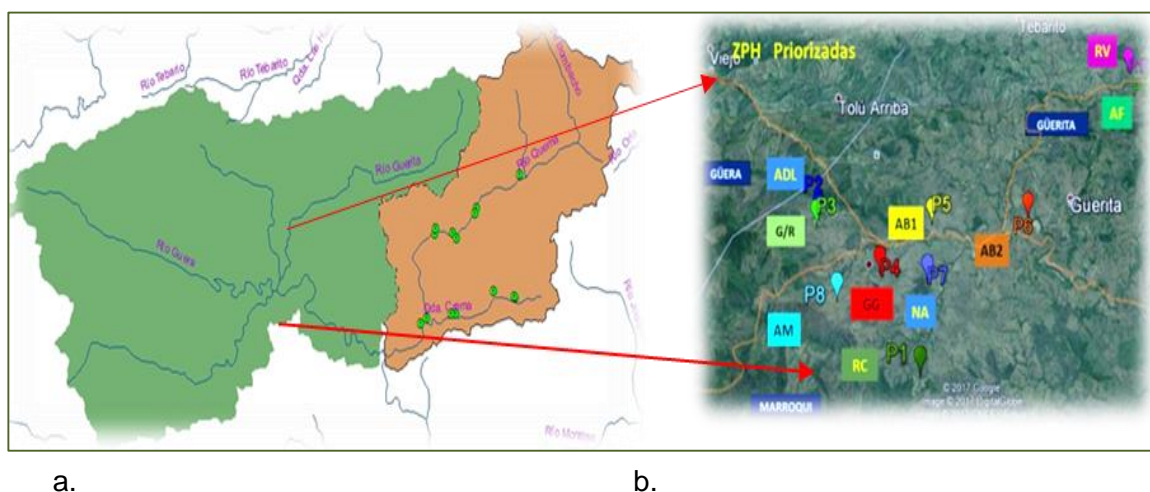


Figura 1. Cuenca alta y media del Río Tonosí (a), fuentes caracterizadas como zonas de recarga hídrica (b).

Seguido, para la determinación del potencial de recarga en las fuentes evaluadas, se indica la ecuación siguiente, donde se sustituye cada uno de los elementos que integran el modelo por los valores respectivos obtenidos en los reportes de datos en campo:

$$ZP= [0,27(Pend)+0,23(Ts)+0,12(Tr)+0,25(Cve)+0,13(Us)]$$

Dónde: ZR= zona de recarga hídrica; Pend= pendiente; Ts= tipo de suelo; Tr= tipo de roca; Cve= cobertura vegetal; Us= uso del suelo. Los valores dados en la ecuación (0,27; 0,23; 0,12; 0,25; 0,13) son los factores de peso de cada elemento según su importancia o influencia. La ponderación de cada elemento del modelo va de 1 a 5, donde 1 es el valor más bajo; o sea que el que presenta las características menos favorables para que ocurra la recarga hídrica y 5 la puntuación más alta.

En la fase de campo, inicialmente se desarrolló un primer taller, donde se generó mapa participativo, con los actores involucrados, integrado por miembros de las comunidades, propietarios de las zonas de recargas hídricas, productores y autoridades locales, quienes tienen conocimientos, fortalezas y capacidades de acuerdo a su profesión y experiencia en el tema. Posteriormente y tomando en consideración el estado y manejo actual de las zonas de recarga se levantó un análisis técnico y ambiental, de las posibles



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

alternativas tecnológicas y estrategias viables para la sostenibilidad en las mismas, como preámbulo a un plan de acción y manejo en cada una de ellas, a mediano y largo plazo. Finalmente, el desarrollo de la metodología participativa, busca incentivar la toma de conciencia de los actores y los gobiernos locales, e implementación de acciones de protección de las fuentes de agua, de las cuales se abastecen las familias, para garantizar la producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicabilidad de la metodología propuesta, en campo inicia, a través del análisis de la información obtenida durante el proceso de consulta, como resultado del taller consultivo participativo, donde además se propuso cumplir con los tres primeros pasos de la metodología propuesta (evaluación y definición de la zona de acción, gracias a la confección de un mapa participativo entre todos los actores; igualmente se facilitó capacitación con el propósito es que los pobladores conocieran y se familiarizaran con los conceptos y elementos básicos para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica, claros técnicamente que nadie mejor que ellos conocen su territorio. A partir de este conocimiento local, se elabora entonces un mapa de la comunidad para la localización de las fuentes, de acuerdo a flujos de agua, tipo de fuente (pozos, ojo de agua), y permanencia de la misma), temporal o permanente. Posterior, se programa acercamiento a las fuentes priorizadas, para su georreferenciación y evaluación de cada elemento del modelo propuesto.

Evaluación de los elementos del modelo propuesto:

El modelo propuesto está formado por los siguientes elementos:

- Pendiente y microrrelieve (*Pend*)
- Tipo de suelo (*Ts*)
- Tipo de roca (*Tr*)
- Cobertura vegetal (*Cve*)
- Uso de suelo (*Us*)

Ecuación: $ZR = [0,27(Pend) + 0,23(Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)]$



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Donde: ZR= zona de recarga hídrica; Pend= pendiente; Ts= tipo de suelo; Tr= tipo de roca; Cve= cobertura vegetal; Us= uso del suelo. Los valores dados en la ecuación (0,27; 0,23; 0,12; 0,25; 0,13) son los factores de peso de cada elemento según su importancia o influencia en la infiltración. *Y en función de* la importancia del elemento en el proceso de infiltración del agua, se asignó el peso relativos a cada elemento del modelo. Así, entonces la ponderación de cada elemento del modelo va de 1 a 5, donde 1 es el valor más bajo; o sea que el que presenta las características menos favorables para que ocurra la recarga hídrica y 5 la puntuación más alta. Finalmente, la asignación de peso a cada elemento, se hace por apreciación de los actores que participan del proceso de caracterización, y sobre todo a las características de cada cuenca, buscando garantizar sostenibilidad de los flujos de recarga.

Posteriormente, a la evaluación realizada, se procedió a la descripción de las características de cada fuente, con potencial de recarga hídrica; incluyendo datos de la pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal permanente, usos del suelo, entre otros, a fin de dar una idea clara del sitio. Esta descripción que continua, permitió analizar las características que pudieran estar afectando la recarga hídrica, y así entender mejor la influencia de los elementos que conforman la ecuación del modelo.

Pendiente

Considerando que, en el relieve, se pueden identificar superficies planas, cóncavas y convexas, entonces se hace importante señalar, que en las superficies convexas el agua se mueve dispersándose en distintas direcciones; en las superficies planas inclinadas, la trayectoria del agua sigue direcciones casi paralelas y en las cóncavas se desplaza concentrándose en el lugar más bajo (UNESCO, 1986), y además directamente relacionada con la escorrentía superficie e influye en la recarga hídrica. La determinación de la pendiente se realiza con la matriz que aparece en el Cuadro 1.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 1. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según pendiente y microrrelieve.

Microrrelieve	Pendiente (%)	Posibilidad de Recarga	Ponderación
Suelo plano a casi plano, con o sin rugosidad	0-6	Muy Alta	5
Suelo moderadamente ondulado/cóncavo	6-15	Alta	4
Suelo ondulado/cóncavo	15-45	Moderada	3
Suelo escarpado	45-65	Baja	2
Suelo fuertemente escarpado	>65	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.

Tipo de suelo

A través de este tipo de metodología participativa, los actores locales pueden evaluar en campo dos elementos que influyen en la permeabilidad del suelo: la textura y la capacidad de infiltración. Según Cubero (2001), la textura se puede determinar al tacto humedeciendo cierta cantidad de suelo. En suelos con alta capacidad de infiltración (suelos con textura, gruesa, porosos, permeables tienen gran capacidad de recarga hídrica, contrario a los de textura fina, arcillosos, pesados y compactos, que impiden o dificultan la capacidad de recarga. La matriz del Cuadro 2, permite clasificar los tipos de texturas de suelo.

Cuadro 2. Ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según su textura.

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelo franco arenoso a arenoso, con tamaño de agregados o partículas de gruesos a medios y muy rápida capacidad de infiltración (mayor de 25 cm/h)	Muy alta	5
Suelo franco, con partes iguales de arena, limo y arcilla y rápida capacidad de infiltración (12,7 – 25 cm/h)	Alta	4
Suelo franco limoso, con partículas de tamaño medio a finas y moderada a moderadamente rápida capacidad de infiltración (2 – 12,7 cm/h)	Moderada	3
Suelo franco arcilloso, combinación de limo y arcilla, con partículas finas, suelos pesados, con muestras de compactación y lenta a moderadamente lenta capacidad de infiltración (0,13 – 2 cm/h)	Baja	2
Suelo arcilloso, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy lenta capacidad de infiltración (menor de 0,13 cm/h)	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tipo de roca

Al igual que con el tipo de suelo, las características de las rocas que determinan la recarga son la porosidad y permeabilidad, y a través del análisis y evaluación del tipo de roca, se puede conocer si existe una capa de material rocoso o arcilla impermeable que no permite el paso del agua hacia el acuífero, o si se forman flujos de agua subsuperficial con movimiento horizontal que luego salen a la superficie a través de un manantial, o alimentan un río (Instituto Nacional de Bosques [INAB], 2003). Para evaluar las características de las rocas, se empleó la matriz del Cuadro 3.

Cuadro 3. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca.

Roca	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables, muy suaves, constituidas por cristales o agregados gruesos, con macroporos interconectados, arena gruesa, piedra pómez, grava o cascajo.	Muy alta	5
Rocas permeables, suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros interconectados, con poca cementación, arena fina, arenisca.	Alta	4
Rocas moderadamente permeables, semisuaves, con regular interconexión de poros.	Moderada	3
Rocas poco permeables, algo duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, con presencia de fracturas interconectadas, grava combinada con arcilla.	Baja	2
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.

Cobertura vegetal permanente

La cobertura vegetal multiestratificada, favorece la recarga hídrica y ayuda a conservar las características del suelo y en consecuencia favorecen la recarga, ya que influye en la infiltración del agua al permitir mayor contacto con el suelo y disminuir la velocidad de escorrentía, la erosión, el impacto de la gota de lluvia y la resequeidad causada por los rayos del sol. La determinación del porcentaje de cobertura, se puede determinar con la ayuda del Cuadro 4.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 4. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.

Porcentaje	Posibilidad de recarga	Ponderación
>80%	Muy alta	5
70-80%	Alta	4
50-70%	Moderada	3
30-50%	Baja	2
<30%	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.

Uso del suelo

El análisis y evaluación del uso del suelo -o el cambio de uso este elemento, se puede realizar en campo con la participación de los diferentes actores locales a través de un recorrido que permita visualizar los diferentes usos que se dan en la zona potencial de recarga hídrica, que además influye tanto en el deterioro de las características del suelo (erosión y compactación), como en la reducción de la capacidad de infiltración y de recarga hídrica. El Cuadro 5, orienta a la ponderación de este factor.

Cuadro 5. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica de acuerdo al uso del suelo.

Uso de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque que presentan los tres estratos: árboles, arbustos y hierbas o zacate denso	Muy alta	5
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	Alta	4
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo	Moderada	3
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	Baja	2
Terrenos agropecuarios, con manejo intensivo	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.

Al final, para determinar la posibilidad de recarga hídrica de cada fuente identificada, se procede a multiplicar el resultado obtenido en la evaluación por su factor correspondiente y se suman los elementos, posteriormente, éstas sumatorias de las ponderaciones alcanzadas por el total de los elementos, dará un valor que representa las posibilidades de que ocurra recarga hídrica en un sitio dado, como se indica en el Cuadro 6.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 6. Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto.

Posibilidad de recarga	Rango
Muy alta	4,1 - 5
Alta	3,5 - 4,09
Moderada	2,6 - 3,49
Baja	2 - 2,59
Muy baja	1 - 1,99

Fuente: Matus, 2009.

A través del estudio, se logró comprobar que metodológicamente, funciona como una herramienta práctica para identificar y delimitar fuentes de agua, con potencial de recarga hídrica, y de bajo costo, permitiendo, además, el intercambio de conocimiento técnico, entre el saber científico y la experiencia en campo de los actores primarios, de manera participativa, como principio fundamental en el manejo y gestión de los recursos naturales en una cuenca hidrográfica.

Con base a todos los elementos que conforman el modelo propuesto (pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal y uso del suelo), considerando que la cuenca naturalmente cuenta zona de recarga hídrica, se caracterizó las fuentes y priorizarlas como recarga hídrica, independiente de las condiciones climáticas, principalmente precipitación. Sin embargo, para efecto de la aplicabilidad de la metodología, solo se considera la recarga a partir de la infiltración del agua lluvia (como fuente primaria), ya que las zonas de recarga hídrica pueden encontrarse a grandes distancias de la fuente que se aprovecha (Losilla, 1986), y en el caso de la cuenca en estudio, por presentar interconexión de las aguas subterránea, dificulta la identificación de la fuente principal.

En la zona de estudio, resultó que el 50% de las fuentes de agua evaluadas (Cuadro 7), presentan una alta a muy alta capacidad de ser zonas de recarga hídrica. De las cuales, las más favorecidas fueron las fuentes uno, cinco, siete, nueve y diez, con valores ponderados, de 4,33; 3,99; 3,58; 3,66 y 3,35, respectivamente (Cuadro 7), contrariamente a que permanecen sobre pendientes entre 29% y 35% (Cuadro 8), se favoreció la infiltración y recarga de agua al suelo, lo que sugiere quizás que el nivel de cobertura



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

permanente, resultante (más del 80%) y uso de suelo predominante compuesto en su mayoría por multiestrato (árboles, arbustos y hiervas/pasto), influyen en la infiltración del agua, al permitir mayor contacto con el suelo, disminuyendo la velocidad de escorrentía, y por ende la erosión. Estas zonas además nacen sobre suelos franco arenosos, aventajados por su nivel de permeabilidad, textura y capacidad de infiltración (Cubero, 2001), acompañado de rocas suaves con macroporos, fracturadas permeables, que en su conjunto benefician la recarga de los acuíferos.

Escenario un poco variable, a igual latitud, pero diferente altitud de las primeras zonas potenciales de recarga hídricas, resultaron las fuentes cuatro, seis y siete, bajo la categoría moderada (2,96; 3,13 y 2,97, respectivamente) (Cuadro 7), ya que a pendientes planas, entre 11% a 21% (Cuadro 8), rompen el esquema que justifica que en condiciones planas el agua cae a la superficie y su movimiento será lento lo que dará un mayor tiempo para que esta se infiltre (Padilla et al., 2003), sugiriendo que la influencia de factores, como el tipo de suelo (franco arenoso), para las tres zonas, facilita la infiltración del agua, sin embargo, es limitado por la baja cobertura vegetal, a causa de la intervención de la ganadería intensiva, lo que sugiere poco remanente de área boscosa a distancia del acuífero; adicional, el tipo de roca poco permeable, incidiendo significativamente en la categoría moderada zona de recarga hídrica.

Finalmente, las fuentes dos y tres resultaron con categoría bajas, 2,09 y 2,44, respectivamente (Cuadro 7), donde prevalece, pendiente por encima de 50%, rocas tipo impermeable, cobertura vegetal por debajo de 20% (Cuadro 8), a pesar, que el suelo tiene vocación boscosa y árboles en su mayoría dispersos, escenario constatado a través del estudio de vulnerabilidad en la zona de estudio, por Bustamante (2017), donde señala que la quema estacional, y explotación del bosque para leña o construcción de infraestructura habitacional y productiva en las áreas de estudio generan impactos negativos en el bosque, dado que no hay regulación inmediata al respecto; además sigue señalando la autora, que en general, el desarrollo desmesurado de áreas de agricultura y áreas de pasturas para ganadería extensiva, así como la extracción de madera para usos múltiples sin una



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

regulación; están generando impacto negativo, como un factor de riesgo para la fuente con potencial de zona de recarga hídrica.

Empero a futuro, posterior a la delimitación y reforestadas con especies nativas, de las 10 zonas priorizadas, a corto plazo, como se logró avanzar (Figura 2) y posteriormente, en una segunda fase, se espera poder establecer medidas de protección y recuperación de la zona de recarga hídrica, esperando incidir positivamente en la preservación del ecosistema boscoso, encaminada hacia una planificación efectiva a mediano plazo, buscando minimizar la pérdida de las fuentes superficiales (plan de manejo de las fuentes), y que seguro será adaptada por los productores colaboradores.

Cuadro 7. Fuentes resultantes con posibilidad de recarga hídrica a partir de los criterios evaluados en ecuación propuesta por Matus, 2009.

Criterios Evaluados							
Sitios	Pendiente del Terreno	Tipo de Suelo	Tipo de Roca	Cobertura Vegetal	Uso Suelo	Suma	Posibilidad de Recarga
F1	0,81	1,15	0,60	1,25	0,52	4,33	Muy Alta
F2	0,54	0,92	0,12	0,25	0,26	2,09	Baja
F3	0,54	1,15	0,24	0,25	0,26	2,44	Baja
F4	0,81	1,15	0,24	0,5	0,26	2,96	Moderada
F5	1,08	0,92	0,48	1,25	0,26	3,99	Alta
F6	1,08	0,92	0,12	0,75	0,26	3,13	Moderada
F7	0,81	1,15	0,48	0,75	0,39	3,58	Alta
F8	0,81	0,92	0,48	0,5	0,26	2,97	Moderada
F9	0,81	0,92	0,36	1,25	0,52	3,86	Alta
F10	0,81	0,92	0,12	1,25	0,26	3,36	Alta

F (1 al 10): Fuentes de agua, resultantes como zonas con potencial de recarga hídricas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Figura 2. Identificación y ubicación, prácticas de conservación y delimitación de las fuentes de agua, con potencial de recarga hídrica.

Cuadro 8. Ponderación de las fuentes con potencial de recarga hídrica, según las variables en evaluadas, subcuenca de Güera.

Nombre /fuente	Tipo de Suelo	Ponderación	% Pendiente	Ponderación	CV (%)	Ponderación	Uso Suelo	Ponderación	Tipo de Roca	Ponderación
(fuente 1)	FA	5	26.5	3	90	5	1 y 5	4	Permeable	5
(fuente 2)	FARA	4	55	2	5	1	1 y 5	2	Impermeable	1
(fuente 3)	FA	5	57	2	5	1	1 y 5	2	Poco Permeable	2
(fuente 4)	FA	5	30	3	20	2	1 y 5	2	Poco Permeable	2
(fuente 5)	FARA	4	7.5	4	80	5	1	2	Permeable	4
(fuente 6)	FARA	4	11.5	4	45	3	1	2	Impermeable	1
(fuente 7)	FA	5	29.5	3	45	3	1	3	Permeable	4
(fuente 8)	FARA	4	21.9	3	20	2	1	2	Permeable	4
(fuente 9)	F	4	23.6	3	80	5	1 y 5	4	Modernamente Permeable	3
(fuente 10)	F	4	35.1	3	80	5	1	2	Impermeable	1

CONCLUSIONES

- La guía metodológica permite caracterizar las fuentes con potencial de recarga hídrica, a través del modelo propuesto promoviendo la participación de los actores locales.
- Los resultados evidencian que características como pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, uso de tierra y cobertura vegetal, del entorno a la fuente de agua, son



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

características biofísicas determinantes, para definir fuentes de agua, con potencial de zonas de recarga hídrica.

- La aplicación de la metodología, evidenció el nivel de aceptación de la población, generando confianza y conciencia hacia la conservación del agua como recurso, lo que garantizaría el establecimiento de una segunda fase, para posibles investigaciones.

REFERENCIAS

- Bustamante, S. (2017). *Análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental en subcuencas hidrográficas de Quema y Güera, Panamá*, 2015.
- Cox, C. (2006). *Hidrogeología para la determinación de la conductividad hidráulica en la zona no saturada con el infiltrómetro de anillo simple*. Santiago, CL. Universidad de Chile. 11 p.
- Cubero, D. (2001). *Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de las tierras*. San José, CR, MAG. 18 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2018). *Conservación de suelos y agua en América Latina y El Caribe*, Recursos Elementales para la seguridad alimentaria y Los servicios ecosistémicos. <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>
- Instituto Nacional de Bosques. (2003). *Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural*. Manual Técnico. Guatemala. 106 p.
- Losilla, M. (1986). Protección de las zonas de recarga de los acuíferos. In Bases hidrológicas para el manejo de cuencas. [Notas de curso, Turrialba, CR, mayo 1986]. Turrialba, CR, CATIE. 8 p.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Matus, OD. (2009). Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. [Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR, CATIE]. 186 p.

Padilla, T., Orozco, E., y Salguero, M. (2003). *Manual Técnico para la determinación de áreas de recarga hídrica natural*. Guatemala, 2003.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1986). *Manual de uso y conservación del agua en zonas rurales de América Latina y el Caribe: agua, vida y desarrollo*. Ciudad, país. Tomo 2. 120 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Gestión del agua, Elemento clave, para afrontar el Cambio Climático*. <https://es.unesco.org/news/gestion-del-agua-elemento-clave-afrontar-cambio-climatico>.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la empresa MCQ (Minera Cerro Quema, S.A.), por el financiamiento logístico de las actividades.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)