

ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ DE AGUA SUPERFICIAL DEL MUNICIPIO DE ARIGUANÍ A PARTIR DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS ANUALES CONFORME A LO ESTABLECIDO EN LA RESOLUCIÓN 865 DE 2004



AUTORA

PAULA ANDREA PADILLA CABRERA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2025

ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ DE AGUA SUPERFICIAL DEL MUNICIPIO DE ARIGUANÍ A PARTIR DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS ANUALES CONFORME A LO ESTABLECIDO EN LA RESOLUCIÓN 865 DE 2004

AUTORA

PAULA ANDREA PADILLA CABRERA

DIRECTORA

JOSE MAURICIO PÉREZ ROYERO

ESPECIALISTA EN MANEJO DE CUENCAS

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR

2025

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe de prácticas se enfocó en evaluar cómo se relacionan la oferta y la demanda de agua superficial en el municipio de Ariguaní, Magdalena, con el fin de calcular el índice de escasez hídrica según los lineamientos establecidos en la Resolución 865 de 2004 y la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático del IDEAM (2021). Para lograrlo, se desarrolló una metodología basada en el análisis de datos históricos de precipitación y temperatura entre 2000 y 2022, recolectados de seis estaciones con influencia directa sobre el territorio. Con esa base, se estimó la oferta hídrica superficial usando herramientas como el cálculo de curvas de duración de caudales, el coeficiente de escorrentía mediante el método SCS-CN, y se proyectaron los distintos usos del recurso (doméstico, agrícola, pecuario y de servicios) para obtener la demanda total. También se tuvieron en cuenta factores de reducción por calidad del agua (R_c) y caudal ecológico (R_e), además del uso de herramientas como QGIS y Excel para el procesamiento geoespacial y estadístico. Uno de los hallazgos más importantes fue que el índice de escasez calculado alcanzó un 15%, lo que indica una condición de escasez media. Este valor es especialmente significativo si se considera que apenas el 3,9% del agua lluvia se transforma en escorrentía útil y que el 73,9% del agua producida se pierde antes de llegar al consumidor final. Además, el 86,35% de los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea incumplen con los estándares normativos. Frente a este panorama, se recomienda actualizar el PUEAA incluyendo criterios de adaptación climática, reducir pérdidas mediante mejoras en la infraestructura, fomentar prácticas agropecuarias sostenibles y diseñar escenarios de resiliencia hídrica para la toma de decisiones futuras.

Palabras claves: Cambio climático, Escasez, Gestión hídrica, Oferta, Planeación.



EXECUTIVE SUMMARY

This internship report focused on assessing the relationship between water supply and demand in the municipality of Ariguani, Magdalena, with the aim of calculating the Water Scarcity Index following the guidelines of Resolution 865 of 2004 and the Third National Communication on Climate Change (IDEAM, 2021). To achieve this, a methodology was developed using historical rainfall and temperature data from 2000 to 2022, gathered from six key meteorological stations that influence the area. Based on this data, the surface water supply was estimated through techniques such as flow duration curves, the SCS-CN runoff coefficient, and an analysis of water use across sectors like domestic, agricultural, livestock, and services to determine total demand. Additionally, reductions were applied based on water quality (R_c) and ecological flow (R_e) considerations. Tools like QGIS and Excel were used for spatial and statistical analysis. One of the key findings is that the scarcity index reached 15%, which places Ariguani in the medium scarcity category. This is particularly concerning given that only 3.9% of annual rainfall becomes usable surface runoff, and 73.9% of treated water is lost before reaching users. Furthermore, 86.35% of the groundwater samples analyzed failed to meet quality standards. In light of these results, it is recommended that the Municipal Efficient Water Use Plan (PUEAA) be updated with a stronger focus on climate adaptation. Infrastructure improvements are necessary to reduce system losses, sustainable agricultural practices should be promoted, and proactive resilience scenarios must be designed to support future water planning and decision-making.

Keywords: *Climate change, Management, Planning, Scarcity, Water supply.*



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. SITUACIÓN PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	16
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4. MARCO REFERENCIAL.....	17
4.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	17
4.1.1. Información Básica.....	17
4.1.2. Misión Empresarial.....	18
4.1.3. Visión Empresarial	19
4.1.4. Política Empresarial.....	19
4.1.5. Principios y Valores Corporativos.....	19
4.1.6. Estructura Organizacional	20
4.2. MARCO CONTEXTUAL	21
4.3. MARCO CONCEPTUAL	23
4.4. MARCO LEGAL.....	24
5. ASPECTOS METODOLÓGICOS	25
5.1. CAMPO DE APLICACIÓN.....	25
5.2. FUNCIONES ESPECÍFICAS PARA DESARROLLAR.....	25
5.3. PERFIL DEL SUPERVISOR ASIGNADO	25
5.3. DESARROLLO METODOLÓGICO	26
6. PRODUCTOS Y RESULTADOS.....	30
6.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS MEDIA ANUALES (2000-2022) DE LAS	

ESTACIONES CON INFLUENCIA EN EL MUNICIPIO DE ARIGUANÍ PARA EL CÁLCULO DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL A PARTIR DE LA RED DE ESTACIONES DEL IDEAM	30
6.1.1. Revisión Bibliográfica de información pública.....	30
6.1.2. Obtención de los datos de precipitación de las estaciones cercanas a Ariguaní.....	34
6.1.3. Estimación de la precipitación media en la cuenca de Ariguaní	38
6.1.4. Determinación de la evapotranspiración real y potencial utilizando la Ecuación de Turc y Thornthwaite	44
6.2. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA (CAUDAL ECOLÓGICO Y MEDIO) CONSIDERANDO LOS SECTORES DE USO DEL AGUA, EMPLEANDO LA METODOLOGÍA DE LA RESOLUCIÓN 865 DE 2004 PARA SITUACIONES CON INFORMACIÓN INSUFICIENTE, CON EL FIN DE OBTENER EL COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE ARIGUANÍ.....	50
6.2.1. Estimación de la oferta hídrica superficial teórica y empírica con factores de cobertura vegetal	50
6.2.2. Cálculo de la demanda de agua en Ariguaní	63
6.3. EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN ARIGUANÍ, INTEGRANDO FACTORES DE VULNERABILIDAD HÍDRICA ASOCIADOS A LA ESCASEZ DE AGUA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO CON BASE EN LA TCNCC PARA EL MUNICIPIO DE ARIGUANÍ	66
6.3.1. Identificación de zonas vulnerables a la escasez hídrica	66
6.3.2. Proyección de escenarios conceptuales hídricos bajo cambio climático.....	72
6. CONCLUSIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS	80
ANEXO 1. Constancias del Desarrollo de la Práctica	80
ANEXO 2. Precipitaciones Totales Mensuales	84
ANEXO 3. Descarga de Datos de Temperatura	93
ANEXO 4. Caudales Promedio Totales.....	96
ANEXO EXTERNO.....	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura organizacional de la Alcaldía Municipal de Ariguaní (El Difícil)	20
Figura 2. Localización geográfica y ficha técnica del municipio de Ariguaní (El Difícil).....	21
Figura 3. Sitio web del IDEAM para descarga de datos hidrometeorológicos	34
Figura 4. Estaciones pluviométricas con influencia en el municipio de Ariguaní.....	36
Figura 5. Polígono de Thiessen con áreas de influencia por estación en Ariguaní.....	39
Figura 6. Valores de precipitación mínima, promedio y máxima de las estaciones pluviométricas	42
Figura 7. Obtención de la temperatura media del área de interés	45
Figura 8. Caudales posibles originados por cada una de las estaciones.....	50
Figura 9. Caudales mínimos, promedio y máximo posibles en Ariguaní	51
Figura 10. Curva de duración absoluta de caudales medios mensuales.....	54
Figura 11. Coberturas Vegetales del CC LandCover de la Agencia Espacial Europea – ESA	56
Figura 12. Determinación del Número de Curva del municipio de Ariguaní.....	57
Figura 13. Ventana de trabajo en QGIS con la cobertura de Ariguaní	58
Figura 14. Coberturas Vegetales del municipio de Ariguaní (El Difícil)	60
Figura 15. Oferta Hídrica Superficial Real en metros cúbicos	62
Figura 16. Índice de Escasez zonificado para el municipio de Ariguaní	69

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Información básica de caracterización de la Alcaldía de Ariguaní.....	17
Tabla 2. Normativas que aplican al contexto de la práctica académica.....	24
Tabla 3. Información distintiva del supervisor asignado	25
Tabla 4. Actividades planificadas y ejecutadas durante el informe de prácticas	26
Tabla 5. Consumo de agua por los principales sectores comerciales en Ariguaní	32
Tabla 6. Consumo estimado de agua por tipo de cultivo principal en Ariguaní.....	32
Tabla 7. Estaciones identificadas para el área del municipio de Ariguaní (El Difícil).....	35
Tabla 8. Estaciones seleccionadas.....	35
Tabla 9. Perfil hidrográfico de precipitaciones totales de las estaciones analizadas	37
Tabla 10. Número de datos faltantes por cada estación pluviométrica.....	38
Tabla 11. Precipitación promedio, máxima y mínima en Ariguaní	42
Tabla 12. Evapotranspiración real de Turc de las estaciones de estudio	47

Tabla 13. Evapotranspiración potencial mensual de Thornthwaite para el área de estudio.....	49
Tabla 14. Clasificación de caudales en intervalos estadísticos	53
Tabla 15. Tabla de linealización de los parámetros del modelo de tendencia de caudales.....	55
Tabla 16. Oferta Hídrica Superficial Total y Real en el municipio de Ariguaní	62
Tabla 17. Tabla de consumo de agua doméstica estimada con la resolución 0330 de 2017	63
Tabla 18. Tabla de Consumo de agua del Sector Servicios en Ariguaní	64
Tabla 19. Tabla de Consumo de agua del Sector Agrícola en Ariguaní	64
Tabla 20. Tabla de Consumo de agua del Sector Pecuario en Ariguaní	65
Tabla 21. Tabla de consumo de agua promedio en MM3 en el municipio de Ariguaní.....	65
Tabla 22. Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas de interés.....	67
Tabla 23. Cálculo del Índice de Escasez para el municipio de Ariguaní	68
Tabla 24. Análisis de la oferta y la demanda de los escenarios conceptuales	74



6. CONCLUSIONES

Al analizar la información recolectada en este estudio, puede afirmarse que fue lo suficientemente útil para construir una comprensión clara del comportamiento hídrico en el municipio de Ariguaní. A pesar de algunas dificultades, como la ausencia de datos climáticos completos en ciertas estaciones, el trabajo permitió establecer una aproximación confiable de la oferta hídrica superficial y permitió, a partir de allí, proyectar distintos escenarios sobre su disponibilidad. El uso de registros históricos de precipitación y la aplicación de fórmulas hidrológicas facilitaron el cálculo de caudales mínimos, medios y máximos, necesarios para entender la dinámica hídrica local en un período representativo.

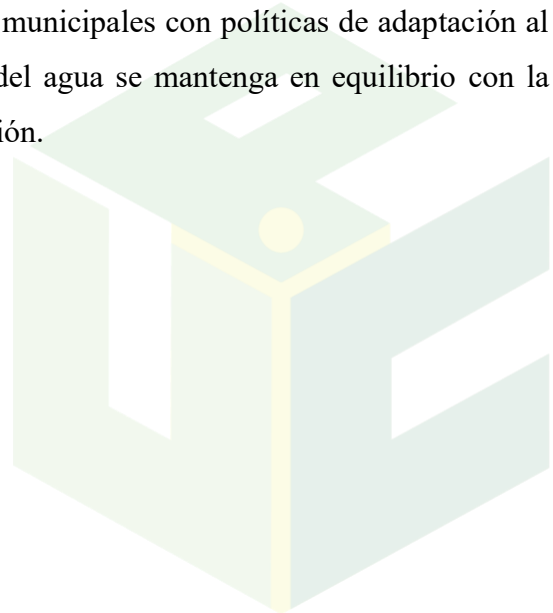
Con base en la curva de duración de caudales, se estimó el caudal ecológico mediante el valor del Q95%, que fue de 0,025 m³/s. Este caudal representa apenas el 1,84% del caudal promedio, fijado en 1,35 m³/s, lo que indica que el flujo base disponible para mantener los procesos ecológicos es muy bajo. Sin embargo, su utilización como valor de referencia está respaldada por documentos técnicos del IDEAM y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015), especialmente para contextos en los que no se cuenta con estudios bióticos detallados. En ese sentido, el dato obtenido puede ser tomado como criterio inicial de conservación para definir restricciones en el uso del agua en épocas de escasez.

Aunque en teoría la precipitación anual permite una disponibilidad hídrica superior a los 1.211 millones de metros cúbicos, la realidad es que solo el 3,9% de esa agua se convierte en escorrentía que realmente puede aprovecharse como recurso superficial. Esto deja un saldo útil de 47,28 MM³/año, frente a una demanda total estimada de 8,28 MM³/año, proveniente de los sectores doméstico, agropecuario y de servicios. Esta relación da lugar a un índice de escasez del 15%, clasificado como de nivel medio. A simple vista, podría parecer que el municipio tiene agua suficiente para cubrir sus necesidades, pero ese supuesto se desmonta al evaluar la calidad del agua disponible.

Las pruebas realizadas en los principales pozos de abastecimiento revelan un panorama preocupante: el 86,35% de los parámetros fisicoquímicos medidos no cumplen con los estándares establecidos para el consumo humano. Además, se debe reservar una fracción mínima para la preservación ecológica, lo que incrementa el factor de reducción (Fr) a 88%. Esto significa que, en la práctica, el volumen de agua realmente utilizable se reduce drásticamente, afectando tanto el abastecimiento de la población como las actividades productivas.

En ese sentido, la información utilizada sí permitió generar conclusiones válidas y consistentes. Se confirma que Ariguani presenta una vulnerabilidad hídrica media, enmarcada por varias limitaciones: pérdidas operativas superiores al 73%, dependencia de fuentes subterráneas que se reducen en temporada seca, falta de micromedición, y baja eficiencia en el manejo del sistema. Estas condiciones se ven agravadas por la variabilidad climática y la influencia de fenómenos como El Niño y La Niña, que alteran significativamente la distribución temporal de las lluvias en la región.

A la luz de estos hallazgos, se hace evidente que las autoridades locales deben regular el uso de las fuentes hídricas y tomar decisiones concretas para optimizar la gestión del recurso. Esto implica mejorar la infraestructura de acueducto, avanzar en micromedición, implementar tecnologías eficientes de uso del agua y fortalecer la gobernanza ambiental desde un enfoque preventivo. También se requiere integrar las acciones municipales con políticas de adaptación al cambio climático, asegurando que la disponibilidad del agua se mantenga en equilibrio con la conservación ambiental y las necesidades de la población.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Municipal de Ariguaní. (2015). *Información general del municipio*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025). *Censo Nacional de Población y Vivienda – Proyecciones municipales 2025*.
- El Tiempo. (2020, 10 de febrero). *El Difícil, el pueblo con las temperaturas más altas del país*. El Tiempo.
- Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Sci Data* 7, 109 (2020).
<https://rdcu.be/b3nUI>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2000). *Estudio Nacional del Agua 2000*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2004). *Metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales*. En Resolución 865 de 2004, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Diario Oficial No. 45.630.
- IDEAM & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Lineamientos técnicos para la determinación del caudal ecológico en Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Imprenta Nacional.
- Martínez, J. A., & Escobar, M. (2004). *Modelación hidrológica en cuencas hidrográficas colombianas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Poveda, G., Álvarez, D. M., & Rueda, O. A. (2007). Variabilidad hidroclimática sobre los Andes de Colombia asociada al ENSO: revisión de procesos climáticos y evidencia empírica. *Hydrological Processes*, 21(23), 2346–2362. <https://doi.org/10.1002/hyp.6213>
- U.S. Department of Agriculture – Soil Conservation Service (USDA-SCS). (1986). *Hidrología urbana para cuencas pequeñas (Publicación técnica 55)*. Washington D.C.: USDA-SCS. Traducido al español por el INDERENA, Colombia.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Education. URL: https://ponce.sdsu.edu/Applied_Hydrology_Chow_1988.pdf

- Colombia. Congreso de la República. (2018). *Ley 1931 de 2018: Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático en Colombia y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 50.667. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/ley-1931-de-2018/>
- Colombia. Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Documento CONPES 3918 de 2018: Política para la gestión del riesgo de sequía en Colombia*. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co>
- Colombia. Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Documento CONPES 3934 de 2018: Estrategia nacional para la reducción de la vulnerabilidad frente al cambio climático*. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co>
- Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Resolución 865 de 2004: Por la cual se adopta el índice de escasez para aguas superficiales*. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co>
- Colombia. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2015). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD)*. Recuperado de <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co>
- Colombia.com. (2021). *El Difícil, un pueblo caluroso en donde la vida se hace más fácil con la magia del acordeón*. Recuperado de <https://www.colombia.com/turismo/noticias/el-difícil-un-pueblo-caluroso-en-donde-la-vida-se-hace-mas-facil-con-la-magia-del-acordeon-326837>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2003). *Manual for Crop Water Requirements: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56* (por Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M.). FAO. URL: <https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e00.htm>
- Ingeotécnia. (2023). *Estudios y diseños para el sistema de acueducto de El Difícil y Pueblo Nuevo: Municipio de Ariguaní (Magdalena): análisis hidráulico línea de conducción*. Universidad del Magdalena. Recuperado de <https://repositorio.unimagdalena.edu.co/items/9df01eb9-d313-40c8-9700-e70b7d1a4da7>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). *Estudio Nacional del Agua*. IDEAM. Recuperado de: <https://www.ideam.gov.co/web/agua/estudio-nacional-del-agua>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2021). *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC)*. IDEAM, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de:

<https://www.cambioclimatico.gov.co/3ra-comunicacion-cambio-climatico>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Lineamientos para la gestión del recurso hídrico en Colombia*. Ministerio de Ambiente. Recuperado de:

<https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/>

Monsalve, S. G. (1995). *Hidrología en la ingeniería*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/417576683/Hidrologia-en-La-Ingenieria-2da-Edicion-German-Monsalve-Saenz>

Opinión Caribe. (2024). *Las primeras lluvias en el Magdalena dejaron afectaciones en el municipio de Ariguani*. Recuperado de <https://www.opinioncaribe.com/2024/03/19/las-primeras-lluvias-en-el-magdalena-dejaron-afectaciones-en-el-municipio-de-ariguani/>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en América Latina*. PNUD. Recuperado de: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-06/undp_co_pub_movilidad_climatica_adaptacion_resiliencia_jun20_2024.pdf

Stritzler, N. P. (1996). *Manual de nutrición animal aplicada: consumo y requerimientos hídricos del ganado*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina.

Turc, L. (1961). Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: A simple climatic formula evolved up to date. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 24, 1-20. URL: <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=926529>



ANEXOS

ANEXO 1. Constancias del Desarrollo de la Práctica

- Constancia de Practicante emitida por Alcaldía de Ariguani



Alcaldía de
Ariguani

El Dñcil, 15 de Enero de 2025

LA SUSCRITA SECRETARIA DE GOBIERNO Y ASUNTOS INTERNOS ENCARGADA
DEL MUNICIPIO DE ARIGUANI MAGDALENA.

CERTIFICA:

Que **PAULA ANDREA PADILLA CARRERA**, identificada con cédula de ciudadanía 1.062.254.515, (Estudiante del Programa de **INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA – UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**, realizó prácticas en este Municipio en la Oficina de Planeación, durante el tiempo comprendido entre el 29 de julio de 2024 hasta el 29 de diciembre de 2024, desempeñando las siguientes funciones:

- Brindar atención a los usuarios que se acerquen a la oficina asesora de planeación.
- Realizar visitas de campo en caso de que el supervisor así lo requiera y considere necesario.
- Apoyo en procesos de identificación de las amenazas y vulnerabilidades para la gestión del riesgo del desastre.
- Participación en procesos comunitarios para la divulgación de las medidas adoptadas para la Gestión de Riesgo de Desastre y el cambio climático.
- Participación en elaboración de actas y fichas de recolección de información conforme a las especificaciones normativas para la Gestión de Riesgo de Desastre.
- Análisis de variables hidrometeorológicas para establecimiento del contexto del marco de referencias para la Gestión Riesgo de Desastre y cambio climático
- Apoyo técnico en visitas y capacitaciones
- Apoyar a la coordinación de gestión de gestión del riesgo y desastre en el seguimiento el PMGRD.
- Apoyar en los diferentes consejos municipales de gestión del riesgo y Desastre que se desarrollen por los eventos naturales y culturales que se realicen en el municipio de Ariguani.



Alcaldía Municipal de Ariguani
Dirección: Calle 4 # 5 - 102 Plaza Principal
NIT: 891.702.786-7
Código Postal 475000
Email: alcaldia@ariguani-magdalena.gov.co
www.ariguani-magdalena.gov.co