

Análisis del problema de riesgos asociados por inundaciones empleando la metodología del S.I.G.O.A.T multicriterio de precipitación del mes de noviembre en el municipio Tuquerres, Nariño.

Armando Javier Velasco Cuasquer, avelasco@unadvirtual.edu.co
Edison Eliécer Zambrano, eezambranop@unadvirtual.edu.co
Directora: Evangelina Parra Pérez, evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

En el presente artículo se analiza el mapa de riesgos de inundación obtenido mediante la metodología de análisis multicriterio, para el cual se tuvo en cuenta diferentes parámetros del municipio de Tuquerres, los cuales se les realizó una ponderación según su importancia para el desarrollo de esta actividad; mediante esta metodología se obtuvo que el 14.9% con un área de 3.195 ha con un riesgo muy alto de inundación y 31.2% con un área de 6.666 ha con riesgo alto de inundación, por otro lado el riesgo muy bajo 18.6% con un área de 1508 ha. Como recomendación para mitigar las amenazas por riesgos de inundaciones en el municipio de Tuquerres se propone que entidades locales generen políticas de mantener las formas naturales de ríos y quebradas de la zona.

Palabras claves: Inundación, Riesgos, Multicriterio, Tuquerres.

Introducción

El Municipio de Tuquerres es rico en sistemas fluviales constituido por quebradas que en su mayoría Nacen en La reserva Natural Volcán Azufral con su Laguna Verde que se forma en el cráter volcán y recibe su nombre por su color esmeralda “En esta importante reserva nacen 72 quebradas y arroyos que conforman la microcuenca alta del río Guiza, y la otra es la que conforman los Ríos Sapuyes, Azufral y Pacual, la reserva forestal contempla una extensión de 5800 hectáreas. Y la laguna

verde tiene una extensión de 1100 mts de largo por 600 mts de ancho”. Martínez, (2014).

Los perjuicios provocados por las inundaciones reducen el número de bienes en comunidades y sociedades al destruir cosechas en pie, edificaciones, infraestructura y maquinaria, sin contar con las pérdidas de vidas humanas. En ocasiones los efectos de las inundaciones son dramáticos, no sólo en casos particulares a nivel de hogares sino en todo un

país, como en el caso de Colombia donde las fuertes anomalías de precipitación, sumadas a la construcción social del riesgo están impactando la comunidad y los sectores productivos, con pérdidas superiores a US \$4.870 millones en el 2011, evidenciando la necesidad de mejorar la gestión. (Sedano Cruz, R. K. 2013).

Tiene especial importancia la construcción de mapas de riesgo apoyados en Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que sintetizan el conocimiento sobre el daño potencial de una inundación y sirven como herramienta para la toma de decisiones. (Sedano Cruz, R. K. 2013).

Objetivo General

Analizar el problema de riegos asociados por inundaciones empleando la metodología del SIGOAT multicriterio de precipitación del mes de noviembre en el municipio Tuquerres, Nariño.

Objetivos Específicos

- Realizar procesos de geoprocésamiento que permite categorizar las áreas según el riesgo.

- Identificar las causas y consecuencias de riesgos de inundación en el municipio de Tuquerres.

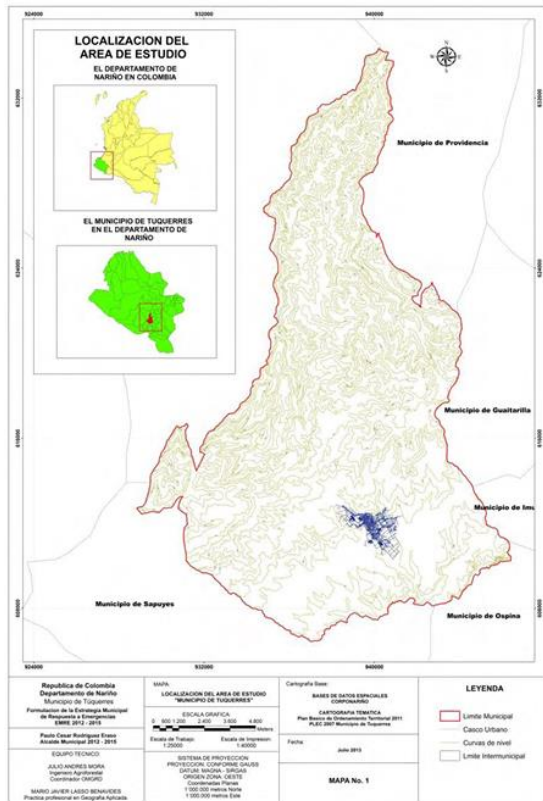
- Establecer medidas para mitigar futuros riesgos de inundación para el Municipio de Tuquerres.

Identificación del caso de estudio

La cabecera municipal de Túquerres se ubica sobre la parte alta de la sabana perteneciente al altiplano de Túquerres e Ipiales, atravesado por los ríos Sapuyes y Guátara. Esta es la altiplanicie más alta de Colombia al pie del volcán Azufral con un promedio de alturas superior a los 2900 msnm y se localiza a 72 km de San Juan de Pasto, capital del departamento de Nariño. Alcaldía de Túquerres, (2015).

El clima está modificado por diferentes factores ya que, pesar de encontrarse en la zona tórrida o intertropical, posee un promedio de temperaturas que oscila entre los 9 y los 13 °C, situación que es determinada por la altura. El promedio anual de lluvias es de 900 mm, valor que aumenta a medida que se desciende hacia el piedemonte de la cordillera occidental en el Pacífico. Alcaldía de Túquerres, (2015).

Figura 1. Municipio de Tuquerres

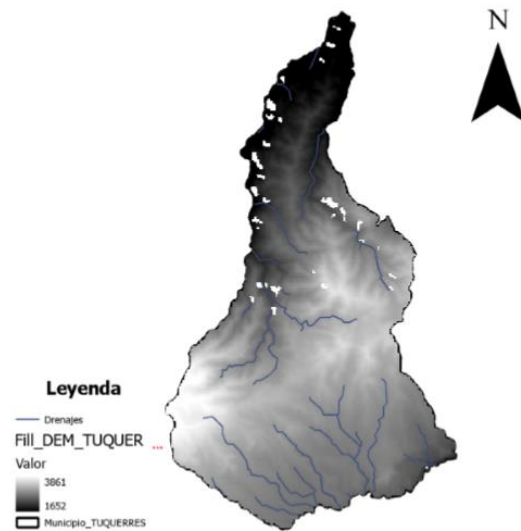


Fuente: Lasso, (2016).

Metodología

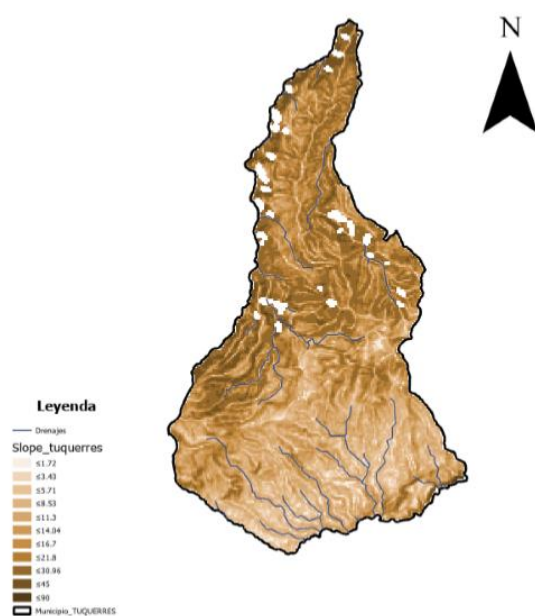
La herramienta utilizada para el desarrollo de este trabajo es el análisis multicriterio ya que este permite integrar diferentes variables, en este caso se trabajó con información de: Modelo de elevación digital, precipitación del mes de noviembre, flujo de corrientes, pendientes y zonas de coberturas.

Figura 2. DEM Municipio de Tuquerres



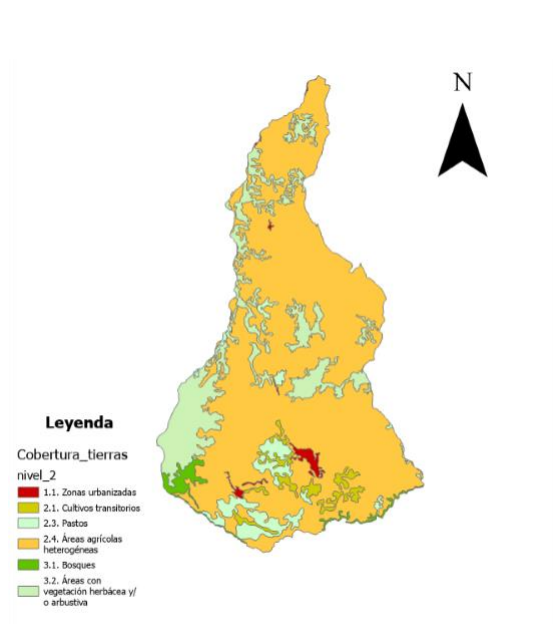
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Figura 3. Pendientes Municipio de Tuquerres



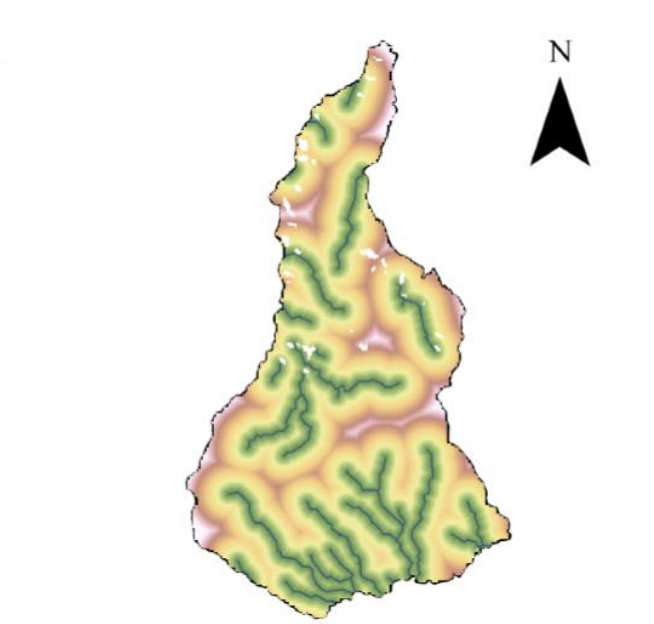
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Figura 4. Cobertura de tierras Municipio de Tuquerres



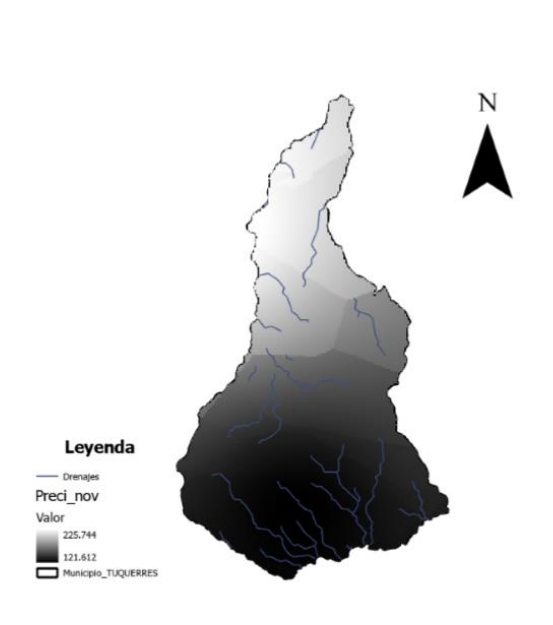
Fuente: Elaboración propia, (2024).

Figura 6. Distancia euclidiana de drenajes Municipio de Tuquerres



Fuente: Elaboración propia, (2024).

Figura 5. Precipitación mes de noviembre Municipio de Tuquerres.



Fuente: Elaboración propia, (2024).

Una vez obtenida esta información y cargada las capas al programa ArcGIS se procede a realizar una reclasificación, esta con la finalidad que todas las capas tengan una escala en común para proceder a modelar

Tabla 1. Clasificación cualitativa

Clasificación cualitativa	Valores
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

Fuente: Diaz, D. (2017)

De este proceso obtenemos las capas para realizar la suma ponderada, para lo cual se tuvo en cuenta los siguientes criterios para la obtención del mapa final.

Tabla 2. Porcentajes de ponderación

Factor	Porcentaje
Modelo de elevación digital	10%
Pendientes	15%
Cobertura de tierras (Land cover)	10%
Precipitaciones	35%
Distancia entre drenajes	30%
Total	100%

Fuente: Diaz, D. (2017)

Resultados

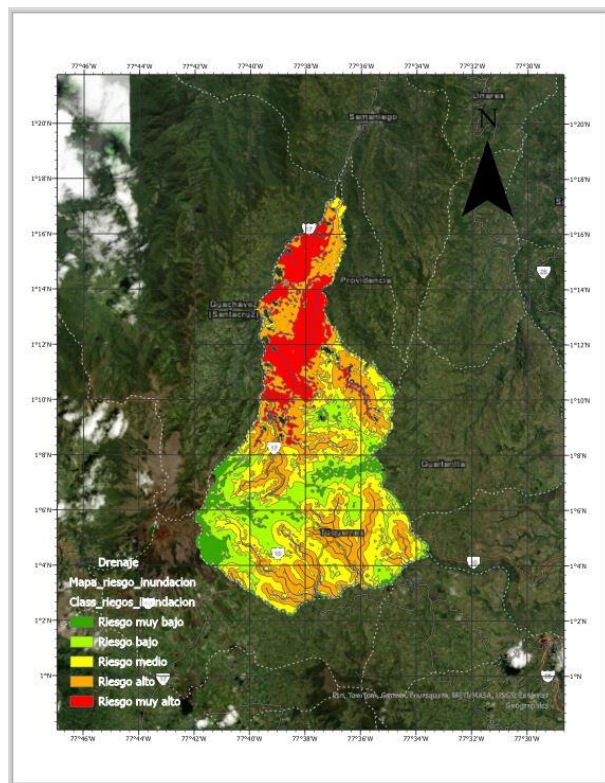
Mediante el Análisis Multicriterio se logró identificar las Zonas que presentan amenazas de inundación, teniendo en cuenta “El régimen de lluvias para el Municipio de Tuquerres es de tipo Bimodal con dos periodos de invierno y dos de verano, determinados por los desplazamientos de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), a su posición norte corresponde la estación seca de junio a septiembre, pues en octubre comienza la estación de lluvias; los meses de noviembre a diciembre pertenecen al periodo de lluvias y corresponden al desplazamiento hacia el sur.

Enero y febrero a la posición meridional, de marzo a mayo se presenta el segundo periodo lluvioso”. Pantoja, (2002).

Estos datos nos ayudan a tener mejor asertividad de los periodos de mayores lluvias en la región en donde notamos noviembre y diciembre son los meses de mayor precipitación, y para este caso de estudio observamos también que son los meses con mayor riesgo de inundación.

Según el Plan de desarrollo Somos Tuquerres para Un buen vivir 2020-2023 “El segundo escenario de riesgo que se ha presentado en el municipio son las inundaciones en la vereda La Cofradía, el barrio San Francisco del corregimiento de Cuatro Esquinas y en la vereda Guaramuéz del corregimiento de Albán, esta última fue la que más impacto causó por cuanto el 3 de noviembre de 2012, afectó a 23 familias (146 personas), el averío de 6 viviendas, ocasionó riesgos en 10 viviendas, la pérdida de bienes personales y enseres, la afectación del puente vehicular sobre la quebrada Pinzón, taponamiento de cunetas y sumideros, la pérdida de 25 hectáreas de cultivo de papa y zanahoria de las cuales dependían 15 familias que sufrieron además la pérdida de especies menores”. Pan de Desarrollo, (2020-2023).

Figura 7. Mapa de nivel de riesgo de inundación.



Fuente: Elaboración propia, (2024).

Figura 8. Gráfica de nivel de riesgo de inundación en el municipio de Tuquerres



Fuente: Autoría propia, (2024).

En la gráfica de porcentajes de riesgos por inundación es manifestado en una gama de colores; el color verde oscuro, indica las zonas con riesgo muy bajo con el 7.1%, el color rojo

zonas de riesgo muy alto con el 14,9%, el color verde claro representa zonas con riesgo bajo con el 18,6%, el color amarillo son zonas de riesgo medio con el 28,2% y el color naranja indica zonas con riesgo alto con el 31,2%, con la información del municipio de Tuquerres se analiza que tiene un índice de amenaza alto por riesgo de inundaciones.

Según el método utilizado multicriterio se obtiene el resultado de riesgo por inundación muy alto que corresponde al 14,9%, la zona de infraestructura con mayor impacto de afectación por amenazas de inundación es la cabecera municipal, por el paso de la quebrada San Juan, en las zonas rurales de Yascual, Llano grande y zonas colindantes con providencia como se evidencia en la figura 7 son más susceptibles por riesgos de inundación por motivo de presencia de varias quebradas y presentar topografía con pendientes pronunciadas, por tal razón se mantiene en riesgo la agricultura, redes viales de la zona, entre otros.

En la zona urbana del Municipio de Tuquerres, existen áreas con riesgo muy alto de inundación debido a su cercanía a las riberas de las quebradas San Juan y el Recreo tal es el caso, “El barrio el Carmen se encuentra ubicado en zona de riesgo, la mayoría de las viviendas

hacen vertimientos individuales, aunque existen dos líneas de alcantarillado que recogen las aguas residuales de algunas viviendas. existe presencia de residuos sólidos que van a depositarse a la fuente”. (Coorponariño, 2011).

Conclusiones

Al realizar procesos de geoprocesamiento que permite categorizar las áreas según el riesgo de inundación, en el Municipio de Tuquerres tenemos como resultado 46,1% del área se encuentran en riesgo alto y muy alto con una extensión de 9.861 hectáreas en donde se tiene que establecer medidas de precaución para el cuidado del medio ambiente el cual es de vital importancia para mantener la estabilidad de forma natural de las fuentes hídricas evitando las amenazas de riesgos por inundación.

Al identificar las causas y consecuencias de riesgos de inundación en el Municipio de Tuquerres, nos damos cuenta que se presenta generalmente por su topografía tridimensional ondulada, montañosa y semiplana. En la Cabecera Municipal se mantiene la amenaza por la presencia de la quebrada denominada San Juan, especialmente en el mes de noviembre donde se presenta mayores precipitaciones se genera el riesgo muy alto de inundación, por

tener vertimientos de aguas residuales directamente a la quebrada que en ocasiones causan Taponamiento del sistema de drenaje y Puentes viales en los sectores del Barrio El Carmen y Fátima. En los sectores rurales como Yascual, Llano grande y colindantes con providencia la amenaza nace por la topografía montañosa y presencia de varias quebradas que en muchas ocasiones hay deslizamiento de tierra y taponamiento de los sistemas fluviales, generando represamiento y aumentando los riesgos de inundaciones en estos sectores, se debe tomar medidas como reforestación de las riberas de las quebradas y evitar realizar construcciones de viviendas cercanas a las fuentes hídricas.

Establecer medidas para mitigar futuros riesgos de inundación para el Municipio de Tuquerres, sobre todo para la parte de la Cabecera Municipal, en donde los riesgos de inundación se han presentado en los Barrios Fátima, San Juan y Guaramuez. Evitar construcciones cercanas a las Quebradas el Recreo y San Juan, como también realizar una buena recolección y disposición final de las basuras, para evitar taponamiento de los canales, mejorar los canales de recolección de aguas que pasan cerca a los barrios más susceptibles y por último realizar campañas de reforestación en las

partes altas donde nacen las microcuencas como el Cerro Quitasol y Cujaco.

Recomendaciones

El municipio de Tuquerres presenta un índice significativo de amenaza del 14,9% de riesgo por inundación, una parte se debe a sus características de topografía ondulado, montañoso y altiplano. Es importante que las entidades Municipales y Departamentales realicen supervisiones para generar planes preventivos y de contingencia donde se encuentren acciones y recursos obligatorios para mitigar un evento de inundación.

“Se pretende por devolverle al río la gestión que éste de forma natural haría de su energía y, en la medida de lo posible, restituirle el espacio para discurrir y divagar, disipando su poder. De esta forma, se reducen los daños en infraestructuras y viviendas, y se logra el desmonte de los continuos costos ascendentes que significan la permanente construcción y reconstrucción de obras de defensa y soporte a damnificados”. (Franco Idárraga, F. L. 2010). El anterior párrafo nos ayuda a brindar más recomendaciones benéficas para mitigar los riesgos por inundación, como la creación de la concientización por parte las entidades encargadas de respetar las fronteras agrícolas,

la deforestación, contaminación de fuentes hídricas, con el fin de volver las quebradas y ríos a su forma natural, disminuyendo significativamente la problemática.

Referencias bibliográficas

Ardila Flórez, C. E., Gualdron Nossa, A. A., & Plata Suarez, P. G. (2020). Análisis del nivel de precipitaciones, mediante la elaboración de curvas IDF y mapas de isohietas para el estudio de climatología en el departamento de Casanare. [Análisis del nivel de precipitaciones, mediante la elaboración de curvas IDF y mapas de isohietas para el estudio de climatología en el departamento de Casanare](#)

Aristizábal, G. L. (2010). Aspectos de la circulación atmosférica de gran escala sobre el noroccidente de Suramérica asociada al ciclo ENOS 2009-2010 y sus consecuencias en el régimen de precipitación en Colombia. El Niño. [CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA ENO S 2009-2010 Gloria Leon](#)

Coorponariño, (2011). Plan de Ordenamiento del Recurso hídrico de la quebrada el recreo

- y su afluente principal la quebrada san juan. porhrecreoyanjuan.pdf
- Díaz, D. (2017). [Modelado y simulación de sistemas climáticos: desde la escala global hasta los microclimas](#) Abrir este documento utilizando ReadSpeaker docReader . En F. Cala (Ed), *Modelado y simulación de sistemas naturales* (pp. 11-40).
- Eraso-Checa, F., Escobar-Rosero, E., Paz, D. F., & Morales, C. (2018). Metodología para la determinación de características del viento y evaluación del potencial de energía eólica en Túquerres-Nariño. *Revista científica*, (31), 19-31.
- Sedano Cruz, R. K. (2013). Gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/27223>
- Esri, (2024). *Análisis espacial en ArcGIS Pro*. Obtenido de esri: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/introduction/spatial-analysis-in-arcgis-pro.htm>
- Franco Idarraga, F. L. (2010). Respuestas y propuestas ante el riesgo de inundación de las ciudades colombianas. *Revista de ingeniería*, (31), 97-108. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0>
- [121-49932010000100011&script=sci_arttex](#)
- Lasso Benavides, M. J. (2016). Formulación de la estrategia municipal de respuesta a emergencias (EMRE) para el Municipio de Túquerres, departamento de Nariño, período 2012-2015. [Formulación de la estrategia municipal de respuesta a emergencias \(EMRE\) para el municipio de Túquerres, departamento de Nariño, período 2012 - 2015 - Sistema Institucional de Recursos Digitales - Universidad de Nariño](#)
- López, D., & Jaramillo, D. (2014). Actualización del sistema de información geográfico piscícola de la gobernación de Nariño, para el diagnóstico de las variables productivas en 19 municipios del departamento de Nariño. [Actualización del sistema de información geográfico piscícola de la gobernación de Nariño, para el diagnóstico de las variables productivas en 19 municipios del departamento de Nariño - Sistema Institucional de Recursos Digitales - Universidad de Nariño](#)
- Martínez Toro, M. A. (2014). Diseño urbano del eje ambiental de la ronda hídrica,

quebrada El Recreo, municipio de Túquerres, sector Barrio El Recreo, departamento de Nariño. [Diseño urbano del eje ambiental de la ronda hídrica, quebrada El Recreo, municipio de Túquerres, sector Barrio El Recreo, departamento de Nariño. - Sistema Institucional de Recursos Digitales - Universidad de Nariño](#)

Muñoz, M. (2012). Asistencia técnica y promoción del portafolio de abonar SAS, para la protección de cultivos en el municipio de Tuquerres–Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/2303/>

Olaya, V. (2020). [Sistemas de Información Geográfica](#). Open Library. https://openlibrary.org/works/OL17311222/W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica

Pantoja Arteaga, L. A. (2003). Capacitación en cultivo de trucha arco iris (*oncorhynchus mykiis*) a estudiantes del Colegio Agrícola de la Sabana y asesoría a pequeños productores de la vereda Loma Larga, municipio de Túquerres Nariño, Colombia. [Capacitación en cultivo de trucha arco iris \(oncorhynchus mykiis\) a estudiantes del Colegio Agrícola de la Sabana y asesoría a pequeños productores de la vereda Loma](#)

[Larga, municipio de Túquerres Nariño, Colombia - Sistema Institucional de Recursos Digitales - Universidad de Nariño.](#)

Plan de Desarrollo somos Tuquerres para un buen vivir, (2020-2023). [13283 plan-de-desarrollo-tuquerres-2020 compressed-1.pdf](#)

Repositorio Institucional

UNAD. https://repository.unad.edu.co/static/pdf/Norma_APA_7_Edicion.pdf

Toro, O. A. (2024). [Análisis espacial](#). [Objeto_virtual_de_Informacion_OVI].

Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/61883>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (2020). [Instructivo para la usabilidad de Normas internacionales de citación APA 7a Edición](#) Abrir este documento utilizando [ReadSpeaker docReader](#) .

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field_attached_file/pdf-modelado_y_simulacion_completo_fisico.pdf

Velasquez Guerrero, J. F. (2018). Procesos de formulación y actualización de planes de ordenamiento de corrientes hídricas prioritizadas en Nariño. Procesos de formulación y actualización de planes de ordenamiento de corrientes hídricas prioritizadas en Nariño. - Sistema Institucional de Recursos Digitales - Universidad de Nariño

Enlace de Sustentación:

<https://www.youtube.com/watch?v=uwSMtQ62sng>

