

MEMORIAS V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES EN TORNO AL CAMBIO CLIMÁTICO

Contenido

PONENCIAS.....	4
DRONES Y LA CAPTURA DE INFORMACION AGRÍCOLA	4
EXPANSION URBANA Y AGRARIA COMO UNA VARIABLE MÁS EN LA COMPLEJA ECUACIÓN DEL BALANCE GLOBAL DE ENERGIA: ESTUDIO DE CASO CAMBIO CLIMÁTICO	10
SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN POR MEDIO DE DRONES	14
OBTENCION DE INÓCULOS BIODESULFURANTES AUTÓCTONOS A PARTIR DE CARBONES CON ALTO CONTENIDO DE AZUFRE DE NORTE DE SANTANDER.....	22
LA RUTA DEL DURAZNO Y EL AGUA: UNA OPCIÓN DE DESARROLLO TERRITORIAL.....	32
CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTORES DE DURAZNO (Prunus pérsica (L) Batsch) EN LAS PROVINCIAS DE PAMPLONA Y RICAURTE, NORTE DE SANTANDER.....	42
MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE ACUÍFEROS EN COLOMBIA	49
CONCEPTUAL HYDROGEOLOGICAL MODEL OF AQUIFER IN COLOMBIA	49
LA LAGUNA COMAGÜETA REGULADORA DEL CAMBIO CLIMATICO	56
DESIGNING A MONITORING SYSTEM ON SITE OF PETROLEUM POLLUTION	62
DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO IN SITU DE CONTAMINACIÓN POR DERIVADOS DEL PETRÓLEO	62
CONTROL DE EROSIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE COBERTURA VEGETAL EN 49 M ² DE SUELO DEGRADADO EN EL EFECTO DE BORDE DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA UFPS OCAÑA.	70
AVANCES EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA ROBÓTICO APLICADO A CONSTRUCCIONES AMBIENTALES.....	78
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y LA ESTABILIDAD DE UN SISTEMA DOS FASES TRATANDO AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE MATADERO.....	85
ESTIMACIÓN DEL CO ₂ EMITIDO Y CAPTURADO EN LA SEDE SABANAS Y EL CAMPUS DEPORTIVO DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR.	90
EL GLICEROL CRUDO UTILIZADO COMO FUENTE DE ENERGIA ALTERNATIVA	98
ESTUDIO DE VARIABLES DE CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNIDAD DEL PAÍS VASCO, ESPAÑA 2015	104



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL MUNICIPIO DE LETICIA –AMAZONAS (COLOMBIA) Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MANEJO DE LAS PRINCIPALES EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO.....108

ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPLONITA129

VALORACION AMBIENTAL POR CALENTAMIENTO GLOBAL DE LOS SERVICIOS PUBLICOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EN PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANALISIS DEL CICLO DE VIDA.....141

OBTENCION DE INÓCULOS BIODESULFURANTES AUTÓCTONOS A PARTIR DE CARBONES CON ALTO CONTENIDO DE AZUFRE DE NORTE DE SANTANDER.....144

ELABORACION DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA A ESCALA 1:100.000 - BLOQUE 8 – IGAC154

URBAN AND AGRARIAN EXPANSION LIKE ONE MORE VARIABLE IN THE COMPLEX EQUATION OF THE GLOBAL BALANCE OF ENERGY: STUDY OF CASE CLIMATIC CHANGE172

EXPANSION URBANA Y AGRARIA COMO UNA VARIABLE MÁS EN LA COMPLEJA ECUACIÓN DEL BALANCE GLOBAL DE ENERGIA: ESTUDIO DE CASO CAMBIO CLIMÁTICO172

TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS EN FILTROS ANAEROBIOS DE FLUJO ASENDENTE DE DOS FASES (DI – FAFS).....181

POSTER190

MODELACIÓN DEL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO A PARTIR DEL DISEÑO CON PERIODOS DE RETORNO EN BASE A LOS CAUDALES MEDIOS ANUALES EN EL RIO FONCE – SAN GIL (SANTANDER).....190

La Educación Ambiental como Herramienta para la Recuperación de la cobertura Vegetal, mediante Prácticas Agro-Ecológicas en la comunidad minera ASOGRASTORRES, Asociación de Gravilleros de Sabana de Torres.....200

APLICACIÓN DEL MODELO ESTOCÁSTICO WIENER-FPK EN CAUDALES MEDIOS DEL RIO FONCE EN CONDICIONES DEL SISTEMA DE PEARSON208

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PEARSON EN EL MODELADO ESTOCASTICO DE LOS PROCESOS DE PRECIPITACION, EVAPORACION Y ESCORRENTIA SUPERFICIAL (CAUDALES MEDIOS) EN EL RIO FONCE (SANTANDER)215

EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL FRENTE A LAS CONSECUENCIAS DE LOS CAMBIOS CLIMATICOS.....223

NORMATIVA SOBRE LAS AREAS DE INTERES ESTRATEGICO EN COSTA RICA.242

FLUJO DE VEHICULOS DE CARGA PESADA POR LA VIA NACIONAL EN PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER.....246

FLOW OF VEHICLES OF LOAD WEIGHED BY THE NATIONAL ROUTE IN PAMPLONA, NORTH OF SANTANDER.....246

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS FIBROSOS DEL FRUTO DE LA PALMA DE ACEITE PARA LA FABRICACIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS.....253

SERVICIOS ECOSISTEMICOS DE LOS HUMEDALES262

LOCALIZACION Y CARACTERIZACION DE LOS ESCOMBROS DE LA CIUDAD DE NEIVA267





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIABLE ALEATORIA PARA SIMULAR EL MOVIMIENTO DE CAUDALES MEDIOS EN EL RIO FONCE (SANTANDER) EN EL MARCO DE LA AXIOMATICA DE ANDREY KOLMOGOROV276

ESTUDIO DE VARIABLES DE CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNIDAD DEL PAÍS VASCO, ESPAÑA 2014283

SOSTENIBILIDAD DE LA OBTENCIÓN DE PALMA DE ACEITE UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA286

ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE DEPURACIÓN DE Eichhornia crassipes, Cryspogon zizanioides y Typha latifolia, RESPECTO A PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO EL GUAYABAL UTILIZANDO HUMEDALES ARTIFICIALES295

HERRAMIENDA PARA LA SIMULACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN SUELOS303

MODELACION HIDROLOGICO-HIDRAULICA DE EVENTOS DE INUNDACION EN EL RIO BOGOTA (SECTOR TOCANZIPACHIA) USANDO HEC-RAS.....316

CONSTRUCCIÓN DE UN PROCESO ESTOCÁSTICO CONTINUO PARA SIMULAR EL MOVIMIENTO DE CAUDALES MEDIOS EN EL RIO PAMPLONITA (PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER) EN EL MARCO DE LA AXIOMATICA DE ANDREY KOLMOGOROV322

EVALUATION POTATO STARCH AS A FLOCCULANT IN THE TREATMENT OF DOMESTIC SEWAGE.....329

EVALUACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA COMO FLOCULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.329





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



MEMORIAS V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES EN TORNO AL CAMBIO
CLIMÁTICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

PONENCIAS

DRONES Y LA CAPTURA DE INFORMACION AGRÍCOLA

Diego Alejandro García Cárdenas¹, Jacipt Alexander Ramón Valencia², Diego Fernando Alzate Velásquez³

1: Gestión Integral del Territorio (GIT). Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

2: Grupo de Investigación Agua, Aire y suelo (GIAAS). Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

3: Gestión Integral del Territorio (GIT). Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

* E-mail Autor de correspondencia: diegobioingeniero@mail.com; jacipt@unipamplona.edu.co

Resumen

El artículo trata de drones y como a través de estos se puede recolectar información sobre el estado de los cultivos, gracias a la captura de imágenes aéreas multiespectrales, que permiten el cálculo del índice vegetativo diferencial normalizado de determinadas áreas. El estudio presenta como resultados un marco conceptual que involucra definiciones acerca de los drones, los tipos de drones, el espectro electromagnético, el índice vegetativo diferencial normalizado, los sistemas de información geográfica y algunas aplicaciones concretas de los drones en la agricultura; una estructura metodológica para captar información agrícola usando drones y finalmente se dan a conocer dos estudios relacionados con el tema, uno a nivel internacional, "Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión" de (Díaz, 2015) y el otro a nivel nacional, "Uso de drones como herramienta de planificación en agricultura de precisión para la detección temprana de problemas en cultivos de papa" de (Berrio, 2015).

Palabras Clave: dron, espectro electromagnético, imágenes multiespectrales, índice vegetativo diferencial normalizado (NDVI), agricultura de precisión, sistemas de información geográfica.

Área temática: Variabilidad y cambio climático

Abstract





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



This article is about drones and how you can collect information on the status of crops through these by capturing multispectral aerial imagery, allowing the calculation of the normalized differential vegetative index in certain areas. The study presents as results a conceptual framework that involves definitions about drones, types of drones, electromagnetic spectrum, normalized differential vegetative index, geographic information systems and some specific applications of drones in agriculture; a methodological structure for capturing agricultural information by using drones and finally, it presents two studies related to the subject, one internationally, "Study of vegetation indices from aerial images taken from UAS / RPAS and these applications to agriculture precision" (Diaz, 2015) and the other one at national level, "Using drones as a planning tool in precision agriculture for early detection of problems in potato crops" of (Berrio, 2015).

Keywords: drone, electromagnetic spectrum, multispectral images, normalized differential vegetative index (NDVI), precision farming, geographic information systems.

INTRODUCCIÓN

Las tradicionales prácticas agrícolas están generando impactos negativos contra el medio ambiente, la gran cantidad de agua utilizada para el riego de los cultivos así como el consumo de fertilizantes son actividades degradativas de recursos naturales. Los fertilizantes se encuentran compuestos por nitrógeno, fosforo y potasio que al entrar en contacto con el aire emanan gases incrementando los niveles de contaminación del ecosistema. Schimmelpfennig (como se menciona en Fajardo, 2014).

La agricultura de precisión se torna como una posible solución a esta problemática. La Agricultura de Precisión (AP) es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo. Requiere del uso de sistema de posicionamiento global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto al apoyo de un Sistema de Información Geográfico (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones. (Marote, 2010).

En la actualidad, la tecnología UAV (Unmanned Aircraft Vehicle) o dron, se usa como herramienta de captura de información en la AP, con ellos se realizan tomas de imágenes aéreas con sensores infrarrojos, luz visible, térmicas, entre otros, que muestran el crecimiento y las zonas de deterioro de los cultivos. García y Vasquez (como se citó en Díaz, 2013)

RESULTADOS

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Vehículos aéreos no tripulados

Los Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV's) son sistemas de vuelo sin piloto abordo, con la capacidad de poder ser controlados desde tierra o volar en modo automático a partir de un plan de vuelo georeferenciado por GPS. Tienen la capacidad de volar a baja altura y mantener una comunicación en tiempo real con la estación en tierra. Austin (como se citó en Fajardo, 2014).

Tipos de drones

Existen básicamente dos tipos de drones a saber:

Dron de ala fija

Dron de ala rotativa





Imagen 1. Dron de ala fija. Fuente: (Addati y Pérez, 2014, p.6)



Imagen 2. Dron de ala rotatoria. Fuente: (Addati y Pérez, 2014, p.6)

Para la interpretación de las imágenes multispectrales tomadas desde drones, es necesario tener los siguientes conceptos presentes:

2.1.2 Espectro electromagnético

Referido a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) un objeto.



Imagen 3. Porción del espectro visible por el ojo humano y límites ultravioleta e infrarrojo. Fuente: Horst (2005, como se citó en Berrio, 2015, p.26).

2.1.3 Índice vegetativo diferencial normalizado (NDVI)

Como lo mencionan (Pedreros, Aguilar, & Senay, 2004) (Verdin, Pedreros, & Gustavo, 2003) en (Berrio, 2015), el Índice de vegetación de diferencia normalizada, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

El principio básico de NDVI se basa en que las capas esponjosas de las hojas, reflejan mucha luz en el infrarrojo cercano (NIR), en marcado contraste con la mayoría de objetos no vegetales. Cuando la planta se deshidrata o estresa, la capa esponjosa colapsa y las hojas reflejan menos luz NIR, pero la misma cantidad en el rango visible.

2.1.4 Los sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica (SIG), son un conjunto de “hardware”, “software”, datos geográficos y personal capacitado, organizados para capturar, almacenar, consultar, analizar y presentar todo tipo de información que pueda tener una referencia geográfica. Un SIG es una base de datos espacial. (Puerta, Trigozo y Bravo, 2011)

2.1.5 Aplicaciones de los drones en agricultura

(Díaz, 2015) presenta algunas aplicaciones concretas en la agricultura, estas son:





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Detección del estado hídrico de las plantas mediante imágenes térmicas de elevada resolución espacial, obtenidas desde un vehículo aéreo no tripulado (UAS/RPAS), con el propósito de obtener información que permita un mejor aprovechamiento del agua.

Detección de stress nutricional en cultivos para posteriormente hacer un uso óptimo de fertilizantes sólo en las zonas en las que es necesaria su aplicación.

Detección temprana de enfermedades y plagas en cultivos, a partir de imágenes multiespectrales, se detecta el stress en la vegetación producida por la presencia de plagas y enfermedades.

Información agrometeorológica en tiempo real: es posible realizar mapas con la distribución de las principales variables meteorológicas, como temperatura, humedad, precipitación, insolación, etc.

2.2 Metodología para la Captura de Información Agrícola con Drones

(Berrio, 2015) presentan unos pasos para capturar información agrícola con el empleo de drones:

Definición del cultivo y zona de estudio: consiste en realizar visitas y la evaluación de diferentes zonas.

Diseño y ejecución del vuelo: en esta instancia se detallan las coordenadas a seguir para la captura de imágenes y finalmente se ejecuta el vuelo.

Adquisición, procesamiento y análisis de imágenes multiespectrales.

Elaboración de ortofotomosaicos RGB y NGB: A través de una versión de prueba del software Agisoft PhotoScan se pueden procesar las fotografías tomadas y realizar la ortorectificación y creación del mosaico de imágenes. García (2012, como se menciona en Berrio, 2015).

Obtención del índice NDVI: El mosaico NGB (Infrarrojo, Verde y Azul) obtenido previamente puede ser sometido a un análisis NDVI a través del software Fiji, asimismo es posible utilizar la herramienta gratuita infragram.

Análisis y selección de puntos de respuesta espectral diferenciada: La escala del índice NDVI se encuentra entre -1 y 1, de tal manera que aquellas zonas con valores más cercanos a 1 son las que tienen mayor actividad fotosintética. Con este fundamento se seleccionan puntos en el mosaico NDVI, que indiquen diferencias relevantes en la respuesta espectral del cultivo.

Verificación en campo de los puntos de respuesta espectral diferenciada: Los puntos seleccionados en el mosaico NDVI deben ser verificados en campo, con el fin de analizar las características del entorno, suelos, micro-relieve, humedad del suelo y el estado actual del cultivo.

2.3 Estudios Relacionados

2.3.1 Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión



La realización de este proyecto se llevo a cabo en Puertollano, España. El objetivo principal de este estudio fue, realizar el cálculo de índices de vegetación (NDVI, GNDVI, RVI, GVI, R/G, NGRDI) para determinar distintas zonas de manejo, y analizar la correlación y regresión existente entre el índice más conocido y usado (NDVI) y los índices (GNDVI, RVI, GVI, R/G, NGRDI).

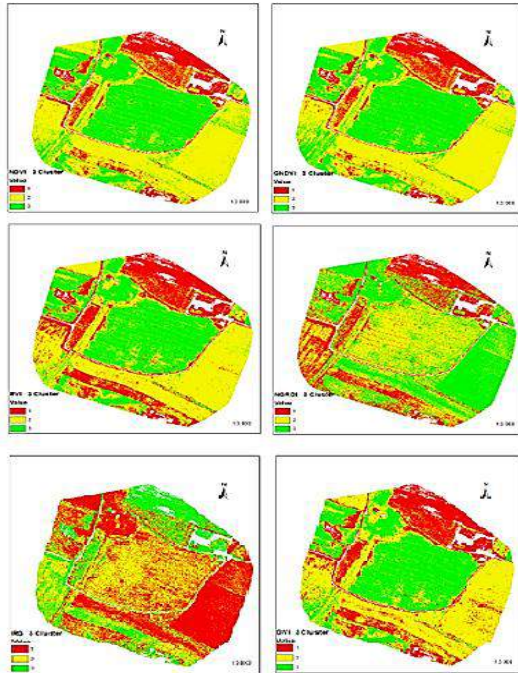
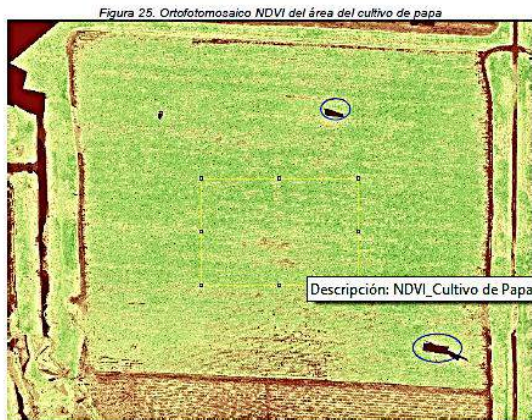


Imagen 4. Mapas zonificación de los índices de vegetación mediante análisis cluster (escenario 2). Fuente: (Díaz, 2015, p. 54)

Se tomo como figura los resultados de los mapas de zonificación, pues muestran claramente las semejanzas y diferencias entre los índices. El clúster del grupo 1 corresponde a una zona de menor vigorosidad mientras que las zonas de clúster del grupos 3 corresponden a zonas de alta vigorosidad. Se puede apreciar un gran parecido en la zonificación realizada entre los mapas de los índices de vegetación NDVI y GNDVI, también es muy similar entre ellas la zonificación realizada entre los índices RVI y GVI, aunque difieren algo respecto a los mapas del índice NDVI. Los mapas que peor relación tienen con el índice NDVI son los calculados mediante los índices RG y NGRDI. (Díaz, 2015)

2.3.2 Uso de drones como herramienta de planificación en agricultura de precisión para la detección temprana de problemas en cultivos de papa (*solanum tuberosum*).

El estudio se ejecutó en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. Albergó como objetivo principal, evaluar problemas en el desarrollo del cultivo de papa a través de su respuesta espectral en imágenes NIR (Infrarrojo cercano) de alta resolución obtenidas con el uso de drones.



Fuente: Autora, 2015

1.	Vegetación densidad alta del cultivo
2.	Zonas con vegetación saludable y vigorosa
3.	Zonas con vegetación estresada
4.	Zonas con vegetación no saludable
5.	Zonas suelo desnudo
6.	Areas sin foto

Imagen 5. Ortofotomosaico NDVI del área del cultivo de papa. (Berrio, 2015, p. 55)

Los resultados mostraron que la respuesta espectral si permite identificar problemas en el cultivo, tonalidades café y rojizas indicaron un índice NDVI bajo y se asociaban o con suelo desnudo o con problemas de crecimiento y/o presencia de plantas invasoras. Tonalidades amarillas representaron zonas de menor desarrollo del cultivo y las tonalidades verdes expresaron las zonas con el mejor desarrollo del cultivo y cuyo crecimiento se caracterizaba por la presencia de 8 a 9 entrenudos. (Berrio, 2015)

BIBLIOGRAFIA

Addati, G., y Pérez, G. (2014). Introducción a los UAV's, drones o VANTS de uso civil. Universidad del CEMA. Buenos Aires, Argentina.

Berrio, V. (2015). Uso de drones como herramienta de planificación en agricultura de precisión para la detección temprana de problemas en cultivos de papa (*solanum tuberosum*) (Tesis de Maestría). Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Díaz, C.A. (2013). Adquisición de imágenes de bajo costo aplicadas a la agricultura de precisión usando vehículos aéreos no tripulados (tesis de maestría). Universidad San Francisco De Quito, Quito, Ecuador.

Díaz, J. (2015). Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión (tesis de master). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

Fajardo, J.C. (2014). Guía de fotografía aérea desde UAV's (documento de apoyo a tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Fajardo, J.C. (2014). Apoyo a la agricultura de precisión en Colombia a partir de imágenes adquiridas desde vehículos aéreos no tripulados (UAV'S) (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Marote, M. (2010). Agricultura de Precisión. Ciencia y Tecnología, ISEU. Universidad de Palermo. Buenos Aires, Argentina.

Puerta R., Trigozo R., Bravo J. (2011). Arcgis Basico 10. Universidad Nacional Agraria de la Selva.Tingo Maria, Perú.

EXPANSION URBANA Y AGRARIA COMO UNA VARIABLE MÁS EN LA COMPLEJA ECUACIÓN DEL BALANCE GLOBAL DE ENERGIA: ESTUDIO DE CASO CAMBIO CLIMÁTICO

Barrera, O. G.*

***Ingeniero Civil Oscar Gerardo Barrera Monsalve. Estudiante Maestría en Ingeniería Ambiental V Cohorte, Grupo de Investigación: Gestión integral del territorio – GIT, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Tel: 312-3511056, e-mail: oscargbarreram@gmail.com**

Mosquera, J.*

***PosDoctor Jemay Mosquera Tellez. Profesor Titular, Grupo de Investigación: Gestión integral del territorio – GIT, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Tel: 3118125054, e-mail: jemay.mosquera@hotmail.com**

Universidad de Pamplona

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
 Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140

Resumen: El clima tal y como se percibe es el resultado de la injerencia de factores astronómicos y geográficos, cobrando este último mayor importancia al reducir la escala del análisis. El clima Urbano es prueba del anterior planteamiento, pues en conjunto las construcciones y actividades humanas afectan los flujos naturales de energía creando un microclima urbano (Coronel, Feldman y Piacentini, 2014).

El Balance de Energía Global está relacionado con la primera Ley de termodinámica y es el resultado del análisis de la incidencia de la Radiación Solar sobre el planeta.

La energía emitida por el Sol posee longitudes de onda larga y corta. La energía con longitud de onda larga corresponde aproximadamente al 40% de la energía emitida por el sol y son superiores al límite visible de 700 nm que constituyen la radiación infrarroja (IR). Las ondas infrarrojas poseen longitudes de Onda entre 1.000 nm y 1.000.000 de nm. Aproximadamente el 44% de la energía solar emitida por el sol a la tierra corresponde a radiación visible, la cual se encuentra en longitudes de onda entre 400 nm y 700 nm. Por último el 10% restante emitida son longitudes de onda



corta que aquellas de la luz visible, que constituyen la luz ultravioleta (UV), con longitudes de onda menores a 400 nm (Universidad de Buenos Aires, 2010).

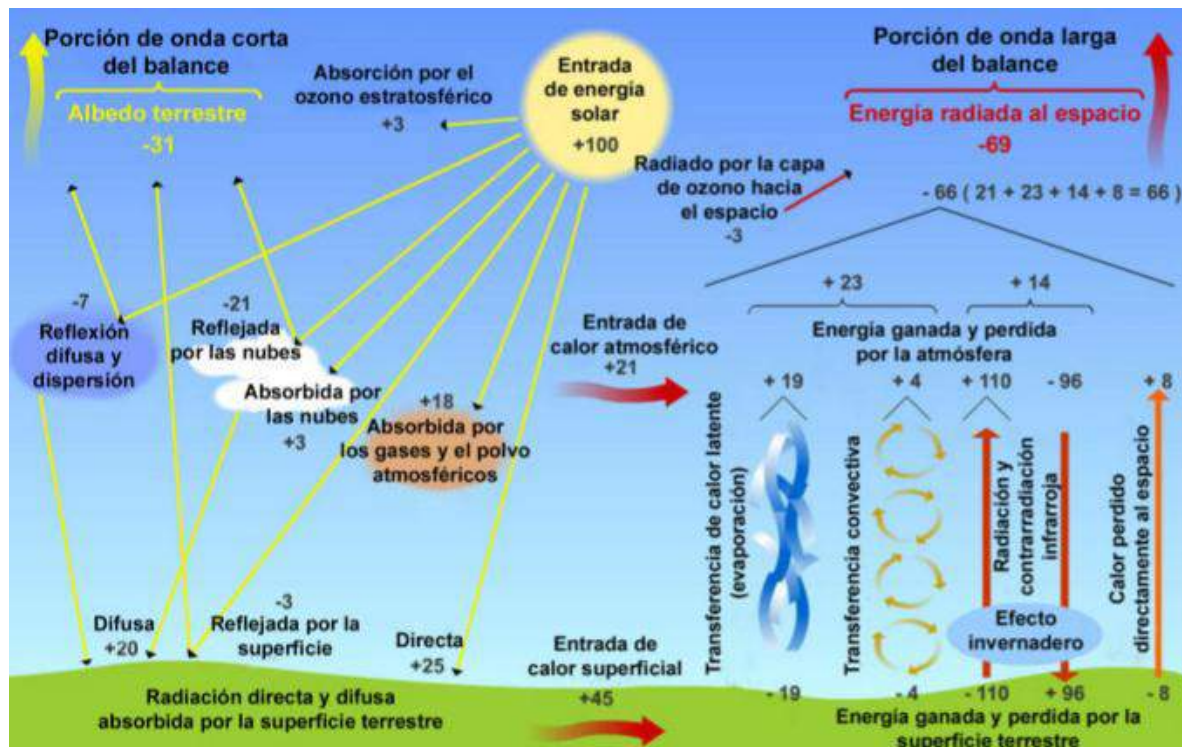


Figura No. 1. Balance Energético en la atmósfera
 Fuente: google académico

El Balance Global de Energía es la relación entre la energía proveniente del sol y la energía regresada al espacio por emisión de la radiación terrestre. En dicho balance intervienen varios factores; Uno de sus componentes es el Albedo, el cual se define como la reflectividad de la superficie terrestre y se refiere a la energía reflejada desde la Tierra al universo. La radiación total (= radiación global) que llega a la superficie terrestre se compone de la suma de la radiación solar (la más importante) y la radiación difusa del universo (PORTEOUS, 1992). El Albedo normalmente se ha trabajado como valor constante del 31%.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



ABSORCIÓN						
OZONO	NUBES	GASES Y POLVO	SUPERFICIE			
+3	+3	+18	+45			
↓	↓	↓	+19	← EVAPORACIÓN	-19	↓
			+4	← CONVECCIÓN	-4	
			+110	← RADIACIÓN	-110	
			-96	← CONTRARRADIACIÓN	+96	
	CALOR ATMÓSFERA +21		CALOR SUPERFICIE +45			
BALANCE ATMÓSFERA +58			BALANCE SUPERFICIE +8			
TOTAL ABSORCIÓN +69 (3 + 58 + 8)						
TOTAL RADIADO AL ESPACIO -69						
REFLEXIÓN						
	-21	-7	-3			
TOTAL REFLEXIÓN -31 (ALBEDO)						
BALANCE GLOBAL						
Entradas – Salidas = 100 (Energía solar) – 31 (Albedo) – 69 (Radiación al espacio) = 0						

Tabla No. 1. Balance Energético en la atmosfera
 Fuente: google académico

superficie	albedo (%)
nieve fresca	80-85
arena	20-30
pasto	20-25
bosque	5-10
suelo seco	15-25
agua (Sol cerca del horizonte)	50-80
agua (Sol cerca del cenit)	3-5

Tabla No. 2. Valores albedo según la superficie
 Fuente: google académico



Ahora, una vez explicado brevemente cómo funciona el Balance Global de Energía y que es el Albedo, la propuesta de ponencia se basa en plantear la hipótesis si la expansión urbana y agraria circundante para su mantenimiento, afecta dicho balance he incide en el cambio climático, lo anterior teniendo en cuenta las considerables extensión de las áreas urbanas y periurbanas existentes actualmente.

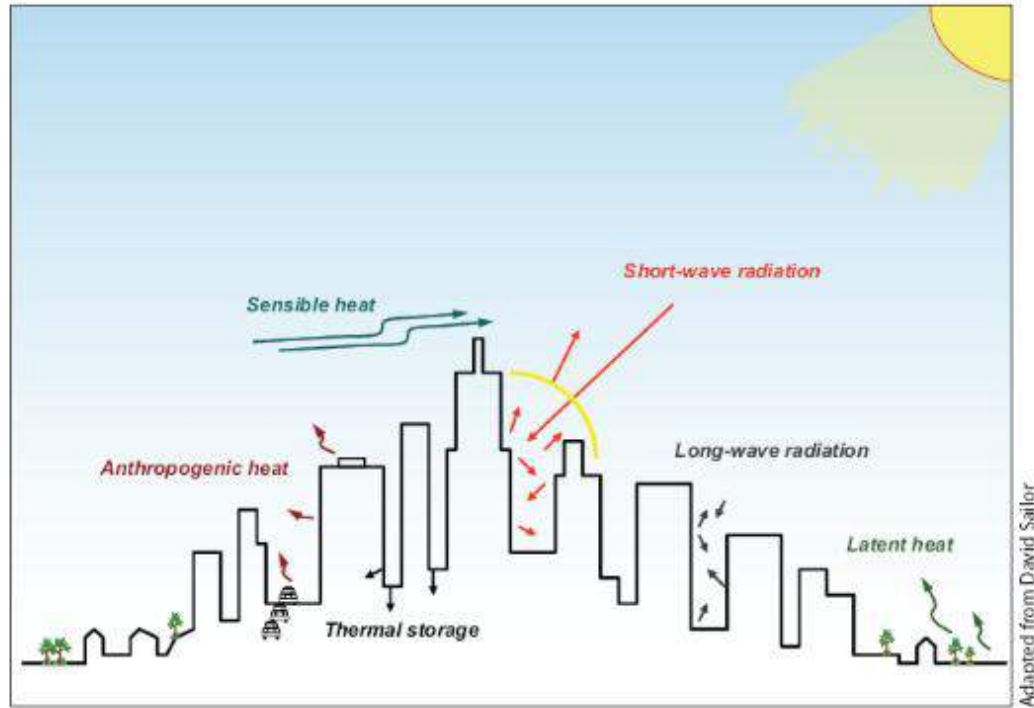


Figura No. 2. Balance Energético de la superficie urbana
 Fuente: EPA, 2014

Un ejemplo es la ciudad de Cúcuta, la cual posee una extensión de 101 Km² (Demographia World Urban Areas, 2015), pero al agregar el área periurbana agraria para su subsistencia y desarrollo económico mediante exportación de sus productos, el área puede casi igualar a la ciudad de Bogotá. Ahora cuanto puede ser esa relación en las grandes urbes metropolitanas del Globo terráqueo?

Palabras Clave: Balance Global de Energía, Radiación, Albedo

Temática a participar según el evento: variabilidad y cambio climático



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Currículo Vitae:

Oscar Gerardo Barrera Monsalve. Ingeniero Civil, Especialista en Administración de la Construcción, Auditor Interno de la Calidad, Estudiante Maestría en Ingeniería Ambiental V Cohorte, Integrante Grupo de Investigación: Gestión integral del territorio – GIT, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Tel: 312-3511056, e-mail: oscargbarreram@gmail.com

SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN POR MEDIO DE DRONES

Viviana Berrío Meneses, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Colombia
Diego Álzate Velásquez, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombia.
Jemay Mosquera Tellez, Universidad de Pamplona, Colombia
Grupo de Investigación En Gestión Integral del Territorio (GIT)

RESUMEN

El uso de nuevas tecnologías en la agricultura, va direccionada a mejorar la producción y disminuir los costos. La agricultura tradicional es altamente vulnerable a diferentes fenómenos de tipo climático (álzate- nicholls) y la ocurrencia de enfermedades y plagas que cada vez son más nocivas y resilientes a agroquímicos tradicionales.

Esta investigación busca aportar mediante el uso de una herramienta tecnológica diferente, alternativas de agricultura de precisión [10] para el monitoreo y control del desarrollo de los cultivos agrícolas, que puede ser aplicada en diferentes etapas del desarrollo del cultivo, una de las grandes ventajas radica en que permite en cortos periodos de tiempo (comparado con otros métodos convencionales) generar diferentes tipos de análisis como por ejemplo: densidad del cultivo, áreas enfermas o estresadas, micro-relieve, entre otras.

La metodología se desarrolló en dos grandes etapas las cuales están divididas en cinco fases, la primera etapa está relacionada con la realización de los vuelos y obtención de imágenes multispectrales brutas (que requiere considerar aspectos técnicos, de seguridad y meteorológicos), y la segunda enfocada en el post-procesamiento y verificación en campo de los hallazgos obtenidos en las imágenes multispectrales [7].

implementada considero 5 fases que comprenden aspectos relacionados con la realización del vuelo, captura de fotografías de alta resolución, post-procesamiento y análisis de resultados se orienta a la captura de las imágenes multispectrales de alta resolución y está estructurada por el análisis de diferentes experimentos con agrodrones ajustándolo a las condiciones propias de la zona de estudio, como: horas del día óptimas para realizar los sobrevuelos, identificación de obstáculos, altura del vuelo, numero de fotos por punto, delimitación del área en el software respectivo entre otros de no menor importancia [2], Las cámaras utilizadas fueron del modelo Canon S100, modificadas para tomar fotografías RGB y NIR, para posteriormente aplicar el índice NDVI (solo a la imagen NIR) el cual permite identificar el nivel de estrés del cultivo y la posible presencia de enfermedades y/o problemas de desarrollo en el cultivo.



Como resultado se obtuvo a partir de la imagen NDVI obtenida del ortofotomosaico NIR y de la reflectancia especifica encontrada (detallada en el numeral 8.5), se seleccionaron 3 zonas con posibles problemas para el cultivo de papa bajo estudio.

$$NDVI = \frac{(NIR - RGB)}{(NIR + RGB)}$$

Figura 1. Ecuación índice NDVI

Fuente: NOAA

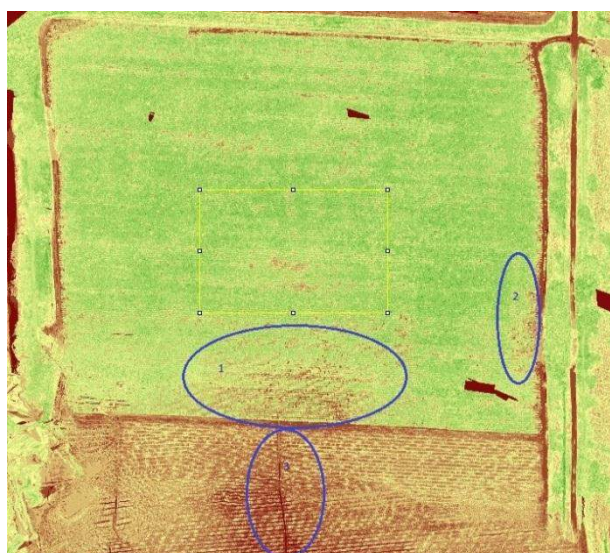


Figura 2. Zonas de respuesta espectral seleccionadas para verificación en campo

Fuente: Autores, 2015

Cabe resaltar que el cultivo (en el momento de la visita) tenía un aspecto sano y uniforme, muy diferente con el índice NDVI, encontrándose áreas con tonalidades diferentes (rojas), similares a las que se visualizan en el suelo desnudo (por ejemplo las designadas como 1 y 2).

Se contó con el apoyo de un ingeniero agrónomo del CI Tibaitatá de CORPOICA, quien proporcionó un concepto sobre el estado fenológico y fisiológico del cultivo y comprobar si efectivamente estas zonas que se encontraban tonalidades marrones y rojas (1,2, y 3) presentaban algún tipo de enfermedad por plagas como hongos, o estrés por causas biofísicas.

Zona 1

Se encontró un exceso de agua en cada uno de los surcos de esta área del cultivo y el suelo con una evidente saturación hídrica que genera un aspecto fangoso, de la misma manera la plantas presentaban un crecimiento tardío de 2 a 3

entrenados, y mínima cobertura de follaje en comparación con las ubicadas en otras área del cultivo, dejando fragmentos de suelo desnudo.



Figura 3. Vista del área del cultivo reflejando problemas del cultivo de papa por estrés hídrico en la Zona 1 y vista desde el ortofotomosaico NDVI

Fuente: Autores, 2015.

Bajo estas condiciones en el cultivo, aumenta la susceptibilidad a enfermedades como gota por el *Phytophthora infestans*, o la rizoctaniasis (*Rhizoctonia solani*) estas enfermedades se propagan fácilmente en suelos con condiciones de humedad mayor al 90%.

De la misma manera en el área de muestreo se encontró la presencia de gramíneas como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), que puede provocar diferentes anomalías en el cultivo por competencia intraespecífica de las especies [13 - 11].



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



El pasto Kikuyo fue representado de forma, tanto con la cámara RGB, NIR y con el índice NDVI para conocer la respuesta espectral del mismo y facilitar la identificación en la ortofoto NDVI [15], indicando una tonalidad del kikuyo amarilla, como se muestra a continuación:

Figura 4. Pasto visible, NIR e índice NDVI
Fuente: Autores,

Imagen con cámara visible (Pennisetum clandestinum)	Imagen con cámara NIR (Pennisetum clandestinum)	Imagen con índice NDVI(Pennisetum clandestinum)

Kikuyo con cámara NDVI 2015.

características y/o presencia de kikuyo presentan a la luz, el agua y los cultivos de papa y hospedantes de otras especies. afecta: desde el desarrollo vegetativo de la maleza y/o

Algunas implicaciones de la presencia de kikuyo en el cultivo se muestran en la continuación:
 Daños: Compiten por nutrientes con el cultivo de papa y pueden actuar como plagas.
 Fase de cultivo que se ve afectada: emergencia y todo el ciclo de vida.
 Infestación: Semilla que se dispersa fácilmente.

Manejo: rotación de cultivos, preparación del terreno, uso de variedades competitivas, distanciamiento adecuado de siembra, cobertura viva de cultivos, manejo de riego, deshierbo en forma manual o con herramientas, labores de cultivo oportunas, uso adecuado de herbicidas.

Como lo muestra la imagen, la reflectancia se da en una tonalidad amarilla en comparación con el área del cultivo en buen estado que presenta una reflectancia en escala de verde.

Otra especie hallada en esta zona, de comportamiento invasivo y oportunista para estas condiciones fue el Alfilerillo (*Sonchus brachylobus*), especie que genera estrés por competencia en el cultivo aumentando la posibilidad de experimentar problemas de crecimiento y la susceptibilidad a enfermedades. La reflectancia de esta especie es similar a la de las plantas del cultivo de papa, sin embargo es común hallarlas en zonas con condiciones de exceso hídrico en suelos desnudos y fangosos.

En la zona 2 se evidenció que las especies presentaban un desarrollo menor que el resto del cultivo (pero muy similar a las de la zona 1), con un crecimiento de las plantas de 3-4 entrenudos en promedio, lo que indica que hay una afectación en esta zona, que puede estar generando estrés y limitando el desarrollo del cultivo.

En esta zona, el suelo presenta una evidente escasez de humedad y excesos de sales en su capa superficial, y se identifican indicios de clorosis en las plantas. La clorosis es generada por un exceso de sales más solubles que el



carbonato de calcio y yeso afectando el crecimiento de las plantas, de [9] la misma manera afecta la absorción de nutrientes y la actividad microbiana del suelo (www.fao.org/solis-portal)



Figura 5. Estado del suelo en la zona 2 (Evidente sequía, compactación y salinización)

Fuente: Autores, 2015.

Se encontraron también en esta zona especies invasivas u oportunistas como lengua de vaca (*Rumex crispus*), las cuales generan competencia por nutrientes y generan estrés en el cultivo, lo que lo vuelve vulnerable a la aparición de plagas y enfermedades.

Esta especie es altamente resiliente y crece en suelos salinos y con escasez hídrica. Esta especie coloniza áreas de importancia en los surcos con suelo desnudo por el crecimiento tardío de la planta de papa.

Presencia de <i>Rumex crispus</i> en el cultivo de papa	Imagen con cámara visible <i>Rumex crispus</i>	Imagen con cámara NIR <i>Rumex crispus</i>	Imagen con índice NDVI <i>Rumex crispus</i>
---	--	--	---



Figura 6. Presencia en el cultivo de lengua de vaca y análisis con cámara infrarroja e índice NDVI

Fuente: Autores, 2015.

Otro aspecto que se visualizó en esta área fue la presencia de clorosis en algunas de las plantas de papa como se muestra, enfermedad que está directamente relacionada con suelos calcáreos y reacción alcalina (pH 7.3 a 8.5) este fenómeno es provocado por la baja disponibilidad de algún microelemento [12] que se evidencia en la calidad y estado del suelo y el estado de crecimiento de la planta visiblemente menor en comparación con las plantas ubicadas en zonas de mejor desarrollo y/o vigorosidad del cultivo y que presentan un mayor desarrollo y floración.



Figura 6. Presencia de clorosis en hojas enfermas

Fuente: Autores, 2015.

Se realizó una comparación de las especies que se encontraban en zonas de mayor vigorosidad del cultivo y las que se encontraban en la zona 2 (delimitada en la imagen con el índice NDVI), evidenciándose una clara diferencia en la fisiología de las especies, a nivel de crecimiento, pigmentación, floración, diámetro de los tallos y presencia de floración.



Plántula sana y sin problemas de desarrollo	Plántula que se encuentra en la zona 2 según la imagen NDVI
	

Figura 7. Comparativo entre una planta de papa sana y una enferma o con crecimiento tardío.

Fuente: Autores, 2015.

Durante la inspección ocular de las zonas 1 y 2, y de algunas zonas de mayor desarrollo y vigorosidad del cultivo, se revisó si existía presencia de plagas como insectos o larvas que afectaran la salud de las hojas, tallos y tubérculos, en cada inspección se confirmó que las zonas de muestreo estaban libres de cualquier tipo insecto o larva.

Cabe resaltar que el manejo que se le dio al cultivo durante el estudio fue con una aplicación constante de agroquímicos, herbicidas e insecticidas que han mantenido al cultivo libre de la presencia de plagas y enfermedades, sin embargo se pudo visualizar que el suelo en algunos puntos se encuentra afectado por la aplicación de estos agroquímicos sin contar con la sobrecarga química del producto final (tubérculo) y los sobrecostos que conlleva la aplicación constante de estos químicos.

Zona 3

En la zona 3 se observa un canal de desagüe del predio (que atraviesa un cultivo de lechuga), el cual desemboca la zona 1 del cultivo de papa (analizada previamente), lo cual, sumado al micro-relieve del terreno, genera una zona de exceso hídrico con encharcamiento, afectando el desarrollo y calidad del cultivo de papa.

Visualización en campo	Visualización imagen NDVI
------------------------	---------------------------

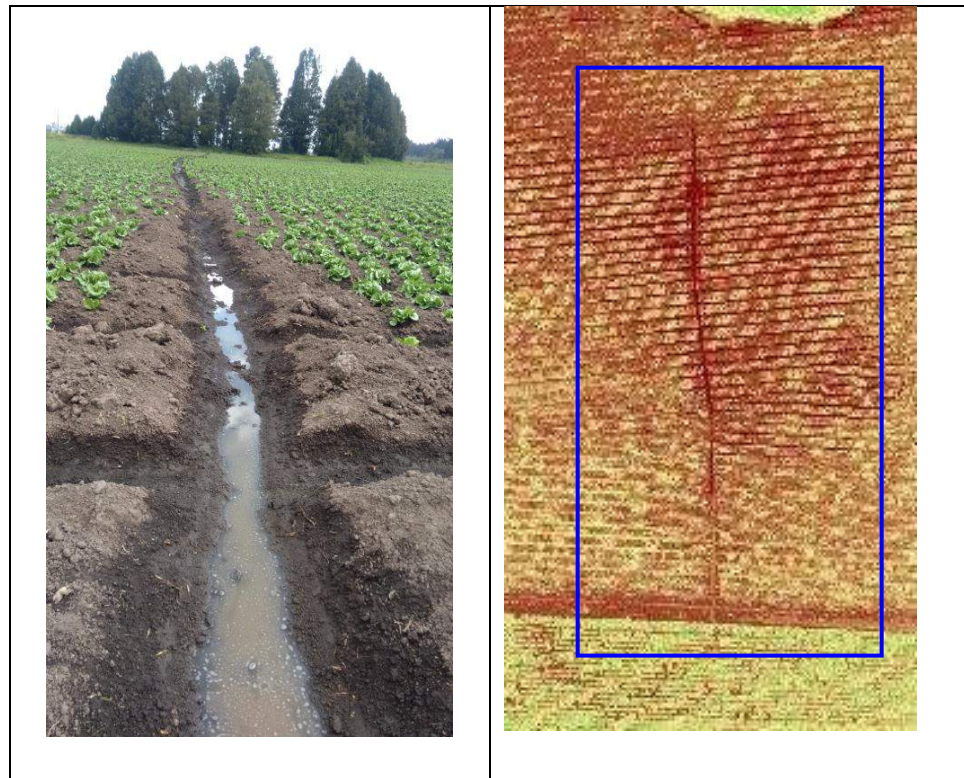


Figura 8. Comparativo entre el área de reflectancia negativa (vino tinto) y la imagen en campo
Fuente: Autores 2015

Esta área en la imagen NDVI presenta una coloración en vino tinto, que refleja zonas donde existe poca o nula actividad fotosintética, lo cual es consecuente con suelos desnudos y cuerpos de agua. Las tonalidades amarillas a verdes indican mayores valores del índice NDVI y por ende mayor actividad fotosintética (verdín).

El área resaltada en la imagen NDVI manifiesta un conducto de agua que proviene a su vez de un canal de aguas lluvia, este canal atraviesa un cultivo de lechuga Batavia colindante con el cultivo de papa con el cual se está trabajando. Este canal puede ser un vector de propagación de enfermedades para ambos cultivos ya que por exceso hídrico o por aumento en la temperatura de estas aguas en las horas del día que más cálidas puede facilitar la propagación de microorganismos o la colonización de insectos perjudiciales para el cultivo.

Palabras claves Precisión agriculture, drones, multispectral imagery, NDVI

TEMATICA A PARTICIPAR: ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Resumen Currículo Vitae de los ponentes.



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Viviana Berrío: Bióloga con título de Maestría en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Pamplona- Norte de Santander. Ha sido becaria en la calidad de curso corto (Training course) con la Universidad de Bruselas en Bélgica “Facilitación de Procesos con Múltiples actores”, Universidad de Wageningen y el Instituto CIFOR en Indonesia “Gobernanza forestal y descentralización rural”, Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional-GIZ en Quito – Ecuador “Transformación de conflictos y cambio climático”.

La experiencia profesional ha estado orientada principalmente a procesos y proyectos ambientales de orden nacional y regional con diferentes instituciones públicas y privadas, con líneas de desarrollo e investigación en el área socio-ambiental, sistemas de información geográfica y ordenamiento territorial.

Ha sido docente en la Universidad Simón Bolívar en la modalidad “hora catedra” en áreas de socio-ambientales para la facilitación y transformación de conflictos, en la actualidad se encuentra laborando como Consultor en el Programa de Naciones Unidas en el área de procesamiento de la información geoespacial necesaria para la regionalización del inventario nacional de emisiones GEI, módulo AFOLU”

Diego Alzate: Ingeniero Forestal de la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas de Bogota, con título de Maestría en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Pamplona. Como becario de la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional-GIZ participó en el programa de especialización profesional en Alemania "Gestión de servicios de información agrometeorológica frente al cambio climático" y realizó una pasantía en el en el Centro de Investigaciones en Agrometeorología de Braunschweig del Servicio Meteorológico Alemán y en el Centro de Investigación y experimentación Forestal de Baden-Württemberg al sur de Alemania.

Como investigador, ha enfocado su trabajo en las áreas de agroclimatología, cambio climático y variabilidad climática. Se ha desempeñado como asesor de proyectos sobre implementación de sistemas de alerta temprana como medida de adaptación al clima con enfoque agropecuario.

Ha sido docente universitario en áreas de climatología en la Universidad de Pamplona y participado como capacitador y asesor en temas de adaptación al cambio climático en los proyectos que apoya la GIZ en Colombia. En la actualidad es Investigador Máster de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.

OBTENCION DE INÓCULOS BIODESULFURANTES AUTÓCTONOS A PARTIR DE CARBONES CON ALTO CONTENIDO DE AZUFRE DE NORTE DE SANTANDER.

Presentado por:

Mario Javier Vargas Cañas Ingeniero Químico, Esp, Ph.D Universidad de Pamplona, Jacipt Alexander Ramón, Microbióloga Ángela Cajado Pedraza, Ingeniero Químico Msc Ph.D Anelfi Balaguera Carrillo Ingeniero Químico, Esp.

Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo GIAAS, Programa de maestría en Ingeniería Ambiental Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Universidad de Pamplona





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



mvargas@unipamplona.edu.co, jacipt@unipamplona.edu.co, anelfi33@yahoo.com.mx

RESUMEN: Se ha demostrado suficientemente que la causa principal de la lluvia ácida es el uso de combustibles fósiles con altos contenidos de azufre como fuente de energía, los cuales liberan óxidos de azufre y nitrógeno que reaccionan con el agua y el oxígeno, formando soluciones diluidas de ácido sulfúrico y ácido nítrico que al depositarse sobre la cobertura vegetal y en los suelos causan el deterioro de los mismos; estos efectos potencian de forma innegable factores de cambio climático, con las consabidas consecuencia que afectan el medio ambiente. El combustible fósil con más reservas con que cuenta la humanidad es el carbón, por lo que se convierte en un deber realizar esfuerzos de tal forma que su uso y aprovechamiento causen el menor impacto negativo sobre el medio ambiente. Se hace necesario entonces, realizar esfuerzos tendientes a disminuir los contenidos de azufre en el carbón, de manera que su utilización como combustible sea menos contaminante. Con el presente proyecto, se estudiará el crecimiento de colonias de bacterias con potencial biodesulfurante, que se fundamenta en la capacidad de ciertos microorganismos para oxidar los compuestos reducidos de azufre presentes en el carbón, y convertirlos en productos solubles en medio acuoso; en general es un proceso de lixiviación, utilizando agua acidulada con microorganismos sulforeductores.

Palabras claves: Biodesulfuración, biolixiviación, Biodesulfurization of coal, carbón.

INTRODUCCION.

Aunque en Norte de Santander se tienen yacimientos de carbón de alta calidad térmica, los cuales cuentan con mercados propios tanto a nivel nacional como internacional, en los últimos años su explotación se ha visto afectada por los bajos precios internacionales y los costos asociados a su extracción y transporte; esta situación ha provocado el cierre de varias minas y el consiguiente impacto social que genera el despido de sus trabajadores.

A mediados de 2008, la cotización del carbón a nivel local llegó a un tope de los \$135.000 por tonelada y a partir de mayo de 2009 sufrió una caída, rondando su precio alrededor de los \$52.000 por tonelada a boca de mina. (Asociación de carboneros de Cúcuta y Norte de Santander, ASOCARBON, 2014). Esta caída de precios se debe a la crisis de producción a nivel mundial que no necesita la misma cantidad de energéticos para sus procesos por el desplome en la demanda de sus productos; esta situación se ha mantenido a través de estos años con algunos repuntes ocasionales. Los trabajadores acostumbrados a sueldos altos e incentivos por nivel de producción o destajo prefieren dedicarse a otros oficios, además los costos de mantenimiento, excavaciones, extracción y seguridad industrial son altos. Si a lo anterior se le suma los costes asociados al transporte, en muchos casos el balance es negativo, por lo que los dueño de pequeñas minas define su cierre ante el panorama de trabajar a pérdida.

Teniendo en cuenta el panorama anterior, la industria del carbón se orienta para hacer frente a la crisis de precios en tres campos diferentes. El primero de ellos explora las diferentes posibilidades de disminuir los costos asociados al transporte; el segundo se dirige a generar valor agregado al carbón y diversificación en carboquímica, principalmente coque, que haga competitivo su acceso a los diferentes mercados; por último, se viene dedicando esfuerzos a estudiar, incentivar y explorar nuevos yacimientos que generen procesos masivos de explotación, principalmente a cielo abierto, que reduzcan





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



los costos de extracción y giren las miradas del gobierno central para la financiación de proyectos viales y de transporte de sus productos, como eje de desarrollo para la región .

Es en este marco, en donde se hace importante el desarrollo de procesos que permitan mejorar la calidad del carbón y mitigar los efectos negativos inherentes a su proceso de combustión. Teniendo en cuenta los efectos ambientales nocivos de la combustión de carbones con alto contenido de azufre y su relación en la producción de lluvia ácida, se convierte entonces en una obligación adelantar investigaciones que posibiliten en el combustible, la reducción de carga contaminante antes de combustión, mediante el uso de técnicas ambientalmente amigables y económicamente viables.

1.1 El carbón como potencial contaminante.

La lluvia ácida constituye un serio problema ambiental y es ocasionada principalmente por la contaminación atmosférica proveniente de la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre. Se forma generalmente en las nubes altas donde el SO₂ y los NO_x reaccionan con el agua y el oxígeno formando una solución diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico, en la que la radiación solar contribuye al aumento de dicha reacción. La lluvia, la nieve, la niebla y otras formas de precipitación arrastran estos contaminantes hacia las partes bajas de la atmósfera, depositándolos sobre las hojas de las plantas, los edificios, los monumentos y el suelo. La presencia de dichos ácidos en la atmósfera genera un pH muy bajo que en algunos casos ha llegado hasta 4.0, todo ello atribuido a las emisiones de SO₂ y NO_x (Wark y Warner, 2001). De ese modo, cada vez resulta más evidente la necesidad de desarrollar técnicas que permitan el uso del carbón de bajo contenido de azufre y así controlar las emisiones de SO₂ e impedir su dispersión en la atmósfera, teniendo presente que el carbón contiene azufre entre el 0.1 y 10% y su combustión para la generación de energía eléctrica contribuye a la formación de la lluvia ácida. (Vargas M, Ramon J, A, 2007)

1.2 El carbón en Colombia.

Colombia posee las mayores reservas de carbón en Latinoamérica y es el quinto exportador de carbón térmico del mundo. Para la economía colombiana, el carbón se consolida como el segundo renglón de exportación después del petróleo. Los principales destinos de exportación son Europa y Estados Unidos, (SIMCO, Sistema de información minero colombiano). La producción nacional ha crecido notablemente en los últimos veinte años, incentivada principalmente por la ejecución de grandes proyectos con destino a la exportación, realizados por inversionistas extranjeros como Drummond, Exxon, BHP Billiton, Glencore International, Amcoal y Rio Tinto. En 2003, el nivel de producción superó los 50 millones de toneladas, de los cuales el 91.24% se dirigió a los mercados internacionales. Los carbones colombianos son básicamente carbones duros (térmico, metalúrgico-coquizable y antracitas). Actualmente, el carbón térmico representa el 97% de la producción y de las exportaciones. Colombia cuenta con reservas y recursos medidos de 7,063.58 millones de toneladas y un potencial de 16.992,80 millones de toneladas de carbones térmicos y coquizables. Actualmente existen 8 zonas (distritos) de explotación carbonífera con reservas de carbón de diferentes tipos, como se detalla en la tabla 1.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Tabla 1. Zonas de reservas carboníferas en Colombia

Zona (Distrito)	Departamentos	Tipos de Carbón	Reservas medidas Millones de toneladas
BARRANCAS	La Guajira	Térmico	3.933,30
LA JAGUA DE IBIRICO	Cesar	Térmico	2.035,40
ZULIA	Santander, Norte de Santander	Antracita, térmico, metalúrgico	175,77
PAZ DEL RÍO	Boyacá	Térmico, metalúrgico	170,37
ZIPAQUIRÁ	Cundinamarca	Antracita, térmico, metalúrgico	263,23
MONTELÍBANO	Córdoba - Norte de Antioquia	Térmico	381,00
AMAGÁ	Antioquia - Antiguo Caldas	Térmico	90,06
JAMUNDÍ	Valle del Cauca - Cauca	Térmico	41,45
TOTAL			7.063,58

Fuente: COLOMBIA MINERA

De acuerdo a lo anterior en el Departamento de Norte de Santander existe unas apreciables reservas de carbón y entre ellas algunas con alto contenido en azufre, por lo cual, la reducción de este elemento es importante desde el punto de vista económico y ambiental para la región.

1.3 El azufre en el carbón.

El carbón contiene principalmente carbono e hidrógeno, los cuales conforman una matriz de hidrocarburos aromáticos que se encuentran altamente condensados, acompañados por fracciones pequeñas de nitrógeno, oxígeno y azufre. El contenido de azufre en el carbón juega un papel importante en su valoración económica. De modo que si un carbón





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



contiene menos del 1% de azufre total se clasifica como de bajo contenido en azufre y si dicho contenido es mayor del 1.5% son de alto contenido en azufre y por lo tanto su valor comercial es menor. Los compuestos que contienen azufre en el carbón se clasifican, de acuerdo a su naturaleza, en tres grupos: sulfuros metálicos que forman inclusiones físicamente distintas de la matriz orgánica del carbón, pudiéndose separar de ella por medios físicos; existen varias formas de especies cristalinas de estos compuestos, dentro los cuales los más importantes son los sulfuros de hierro (azufre pirítico). El azufre unido covalentemente a la estructura orgánica del carbón (azufre orgánico), generalmente se clasifican según los grupos funcionales que presenten, entre los que se encuentran tioles, tioésteres y diotioésteres aromáticos y alifáticos y compuestos heterocíclicos derivados del tiofeno. El azufre sulfato en forma de sulfato de hierro, calcio y bario, el cual en conjunto con el pirítico forman la fracción mineral del carbón.

1.4 Técnicas de desulfuración.

Existen principalmente tres formas de reducción de las emisiones de azufre dependiendo de la etapa del proceso en que se lleven a cabo, esto es, en pre combustión, en combustión o en postcombustión.

1.4.1 Desulfuración antes de la combustión: Este proceso puede ser realizado atendiendo a las propiedades físicas y químicas de los distintos compuestos de azufre que contiene el carbón (Meyers y Dekker, 1981). De este modo, se diferencia entre métodos físicos, químicos y biológicos. Los métodos físicos se fundamentan en las diferentes propiedades físicas que poseen los compuestos inorgánicos de azufre, por lo cual sólo separan el azufre inorgánico. En los métodos químicos ocurren reacciones químicas selectivas que posibilitan la solubilización de los compuestos originados. Los biológicos se basan en la capacidad de ciertos microorganismos para oxidar los compuestos de azufre presentes en el carbón. Para viabilizar la biodesulfuración del carbón como método con posibilidades de aplicación, el primer paso es encontrar las condiciones de adaptación y crecimiento del inóculo bacteriano que pueda ser usado posteriormente en el proceso de forma exitosa, siendo este el objeto de presente trabajo.

1.4.2 Desulfuración durante la combustión: Este tratamiento se refiere a aquellos procesos que llevan a cabo la desulfuración en el interior de las calderas de combustión, basándose en la retención de SO₂ como sulfato cálcico por adición de caliza (CaCO₃). Existen dos formas de realizar la retención de azufre: mediante la inyección de cal en quemadores convencionales y por combustión en lecho fluidizado (Blázquez, 1993). La inyección de cal presenta problemas en el funcionamiento de los hornos y generalmente es de baja eficacia. La combustión en lecho fluidizado permite reducir hasta el 90% del contenido de SO₂ de los gases de combustión, mediante la adición de adsorbentes de bajo coste al lecho.

1.4.3 Desulfuración después de la combustión: Esta técnica se aplica a los gases procedentes de la combustión en donde el azufre está combinado con el oxígeno fundamentalmente como SO₂, por lo cual este tipo de procedimiento de desulfuración es independiente de la forma en que se encuentre el azufre en el carbón, así como del tipo de carbón utilizado. Este tipo de métodos se denominan también FGD (Flue Gas Desulphurization) y se clasifican en dos grupos generales. El primero comprende los sistemas no-regenerables, que dan lugar a un producto final sin que éste sea aprovechable. En el segundo grupo están los sistemas regenerables, capaces de recuperar un producto valioso comercialmente como es el azufre elemental o el ácido sulfúrico (Klingspor y Cope, 1990). Los métodos de los dos grupos





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



tienen en común la utilización de una torre de lavado, donde el gas procedente del horno se pone en contacto con un absorbente que separa el SO₂ del flujo gaseoso.

El adsorbente es el que diferencia básicamente los distintos métodos, de modo que se utilizan CaO, CaCO₃, NaNO₃, MgO, entre otros. Los procesos de limpieza del carbón, antes de su utilización como combustible, se pueden llevar a cabo mediante el uso de métodos físicos, químicos, biológicos o la combinación de los mismos. A continuación se describen dichos métodos.

Métodos físicos: Los métodos de separación física convencionales están basados en la diferencia de densidad del carbón (1.1 – 1.3 t /m³) y la pirita (4.8 – 5.3 t/m³). Con este tipo de técnicas sólo podemos separar el azufre inorgánico, el azufre orgánico no es posible eliminarlo ya que se encuentra formando parte de la matriz carbonosa del carbón. Entre estos métodos podemos destacar los que utilizan el lavado por medios densos, como baños (para tamaños de grano gruesos), lavado con ciclones (para tamaños de grano intermedios), hidrociclones (principalmente para tamaños intermedios y finos). Otros procedimientos físicos se basan en las propiedades superficiales, siendo la flotación el más común.

Los métodos físicos convencionales se han utilizado sobre todo para carbones de bajo rango con altos contenidos en azufre y en cenizas. Se pueden clasificar en métodos húmedos, que se desarrollan en un medio acuoso y se basan en la gravedad unos, y otros en propiedades superficiales para la separación de la pirita en el carbón, y métodos secos que actualmente no se utilizan. Para tamaños de grano muy finos los métodos anteriores suelen ser muy poco eficaces, por eso para tamaños de grano < 0,1 mm se están desarrollando métodos de separación más sofisticados basados en las propiedades electrostáticas, electrodinámicas y magnéticas de la pirita.

Métodos químicos: Estos han mostrado capacidad para reducir el contenido en materia mineral, así como la pirita finamente diseminada y el azufre orgánico de la matriz del carbón. Destacan los tratamientos con gases reductores o inertes, a altas temperaturas, en los que el azufre se convierte en H₂S y los tratamientos con gases oxidantes (oxígeno o cloro) en disolución, a temperaturas moderadas. Son aplicables también los métodos de tratamiento con ácidos o bases en disolución acuosa a temperaturas moderadas (Blázquez, 1993). Los métodos de desulfuración química, si bien permiten eliminar azufre pirítico y cantidades variables de azufre orgánico, operan a altas temperaturas (150 y 250°C) y presiones (1 y 8 MPa), con lixiviantes corrosivos y, por tanto, conllevan un consumo energético elevado y un alto nivel de complejidad en los equipos (Monticello, 1985).

Métodos biológicos: Dentro de este grupo se incluyen todos aquellos métodos en los que existe una participación biológica, directa o indirecta, en la desulfuración del carbón. Los más conocidos tienen como característica común el uso de catalizadores biológicos en la oxidación de la pirita, siendo el Thiobacillus ferrooxidans uno de los más conocidos. Otro método en el que se está investigando actualmente es la eliminación de la pirita del carbón por flotación, introduciendo en el sistema ciertos microorganismos que modifican las propiedades superficiales de la pirita, combinando así métodos físicos y biológicos de desulfuración.

1.5 La biodesulfuración como alternativa.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



La biodesulfuración es un proceso de lixiviación catalizado por microorganismos, teniendo como resultado la disolución del mineral objeto de ataque, o la degradación de ciertos enlaces de la molécula, originando compuestos solubles de azufre (caso del azufre orgánico). El resultado final del proceso depende del tipo de microorganismo y de las condiciones de desarrollo de los mismos, condiciones que están controladas por parámetros físicos, químicos y mineralógicos: temperatura, pH, nutrientes, estructura del mineral, tamaño de grano, densidad de pulpa, etc.

METODOLOGIA.

Para llevar a cabo la presente investigación se desarrolló la siguiente metodología:

El proyecto tiene como objetivo general la obtención de inóculos bacterianos con potencial biodesulfurante, a partir de carbones de Norte de Santander, con alto contenido de azufre. Inicialmente, se caracterizaron diferentes tipos de carbón que se utilizaron como sustrato, teniendo en cuenta los niveles de azufre contenidos en el. Posteriormente, se evaluaron diferentes inóculos biológicos con alto poder de retención de azufre. Una vez definido el carbón a trabajar, se lleva a cabo la selección y adaptación de los inóculos bacterianos al sustrato combustible y a las condiciones de pH y temperatura de trabajo que se mantendrán en el sistema.

Se desarrollaran las siguientes etapas:

Selección del carbón a trabajar: Se realizó una evaluación de la calidad de los carbones del Departamento Norte de Santander, tomando como base los estudios desarrollados por INGEOMINAS y las empresas comercializadoras de carbón, con el propósito de encontrar una muestra más adecuada, las variaciones en los parámetros de calidad del carbón seleccionado. Una vez seleccionado el carbón, se procede a su estudio y caracterización.

Selección y Adaptación del inóculo bacteriano: se seleccionaron cultivos naturales y se adaptan a las condiciones finales de trabajo. En esta fase se trabajó con dos cultivos diferentes: uno que proviene del mismo carbón a tratar y otro que proviene de un lixiviado del mismo carbón. Los cultivos se preparan en las mismas condiciones y se analizará el desarrollo que se obtenga para tiempos similares. El cultivo que presente una mayor actividad fue seleccionado para posteriores ensayos que permitan llegar a procesos de desulfuración, ya sea en columnas empacadas o en pilas a escala laboratorio. Para medir la actividad biodesulfurante se realizaron un control químico al cultivo en lugar de medir directamente la biomasa. Por lo tanto se controlará el valor del potencial redox como medida de dicha actividad. Esta técnica es posible según las siguientes consideraciones:

La analogía entre potencial redox y crecimiento bacteriano viene dado por la relación de Monod Ecuación 1:

$$\mu = \frac{\mu_{max} * S}{Ks + S} \quad (1)$$

Donde:

- μ = Velocidad específica de crecimiento (dia-1).
- μ_{max} = Velocidad específica máxima de crecimiento.
- Ks = Constante cinética.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



S = Concentración del sustrato

A partir del valor de la velocidad específica de crecimiento bacteriano similar a la velocidad específica de oxidación del hierro pirítico como se muestra en la ecuación 2, basta con controlar la concentración del hierro pirítico o en su defecto la concentración del ion férrico, producto de la oxidación de este, a lo largo del tiempo. (Carranza, 1983).

Entonces:

$$\frac{dX}{dS} = Y_{XS} \quad \text{ó} \quad dX = Y_{XS} dS \quad (2)$$

Siendo:

- X = Concentración de la biomasa.
- S = Concentración del Ion férrico.
- Y_{XS} = Coeficiente de rendimiento.

Aplicando integración entre 0 y X y, entre 0 y S se obtiene la ecuación 3:

$$\int_0^X dX = Y_{XS} \int_0^S dS \quad (3)$$

Aplicando la ecuación de Monod se encuentra (ecuación 4):

$$\mu = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} = \frac{d \ln X}{dt} = \frac{d \ln(Y_{XS} S)}{dt} = \frac{d \ln S}{dt} = \mu_{\text{hierro}} \quad (4)$$

Donde:

- μ = Velocidad específica de crecimiento bacteriano.
- μ_{hierro} = Velocidad específica de oxidación de hierro.

Lo que significa que la velocidad específica de crecimiento celular es igual a la velocidad específica de oxidación de hierro. Lo anteriormente expuesto permite la realización y seguimiento indirecto del crecimiento bacteriano de colonias sulforeductoras, midiendo la concentración del ion férrico disuelto en el medio de cultivo.

Después de obtener el inóculo con mejor actividad se podrá adaptar a las condiciones en las cuales va a estar, es decir en un medio pulpa carbón-agua. Con esto se adaptan los microorganismos al carbón y dicha adaptación se podrá verificar nuevamente con la medida del potencial redox.

RESULTADOS.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Preparación de la muestra: La muestra de trabajo pertenece a la mina La Ceiba, ubicada en la vereda Puente Zulia del municipio de San Cayetano, en el departamento Norte de Santander. Se prepara el carbón reducido a tamaño de partícula entre 0.5 y 1 mm, se procede a homogenizar las muestras que permitan realizar los exámenes preliminares. Los resultados se pueden apreciar en la tabla 1. Análisis elemental.

Tabla 1. Análisis próximo de muestra de carbón objeto de estudio.

PARAMETROS BASICOS DE ANALISIS							
Humedad superficial	humedad residual	Humedad Total	Cenizas	material volátil	Carbón Fijo	Azufre	Poder Calorífico
0,36	2,49	2,84	23,93	31,88	41,7	5,53	5,736 cal/gr 10,325 Btu/lb

Crecimiento en medio 9K: Una vez definida la muestra, se prepara el medio de cultivo específico para el crecimiento de las bacterias sulfuroductoras. En un análisis preliminar se comprobó en el laboratorio de microbiología la presencia de thiobacillus ferrooxidans, sin embargo no es la única clase de bacterias presentes en el carbón a tratar. Para Kos (1981) y Dugan (1986), la mezcla de cultivos de bacterias acidófilas procedentes del drenaje ácido de mina o de lavado de carbón, son efectivos en la lixiviación de la piritita presente en el. El medio utilizado para el crecimiento de bacterias acidofilas es el 9K de Silverman, con $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ como fuente de energía.

Se prepararon dos muestras de trabajo. En la primera se trabajó agregando 2 gramos de carbón en un erlenmeyer con 200 ml de medio de cultivo (figura 1).

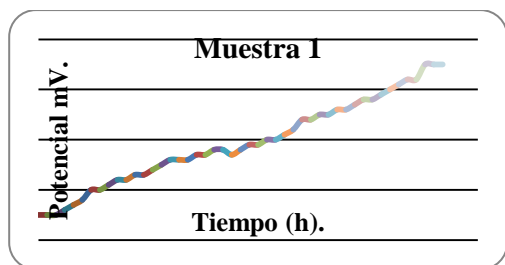


Figura 1. Resultados de crecimiento bacteriano muestra 1

En la segunda muestra se hace pasar agua destilada sobre una muestra de carbón de trabajo contenida en un cilindro con fondo perforado, de la que se toman dos ml y se agregan a un erlenmeyer previamente preparado con 200 ml de medio de cultivo (figura 2).



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

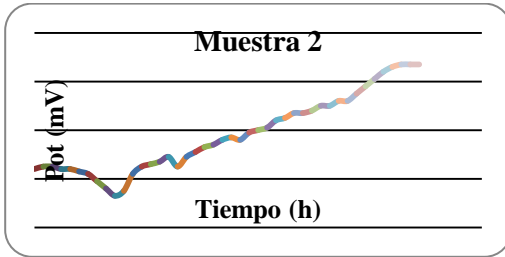


Figura 2. Resultados de crecimiento bacteriano muestra 2.

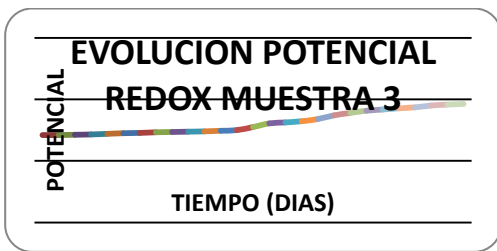


Figura 3. Resultados de crecimiento bacteriano muestra 3.

CONCLUSIONES.

Por la experiencia adquirida, se considera que para realizar un crecimiento bacteriano, cuyo indicador de potencial en mV este por encima de los 500 mV se debe realizar escalamiento del proceso de adaptación, mediante la siembra consecutiva de muestras desde el punto de mayor avance para cada etapa experimental.

En general, se puede concluir que el medio que mejor crecimiento presentó fue el de la muestra dos, la cual contiene 2 ml de percolado del carbón de trabajo. Este resultado se debe a la adaptación de las bacterias sulforeductoras se haga de manera más rápida en presencia de menor carbón granular en la muestra. A los 23 días de crecimiento se puede observar que las muestras alcanzan un potencial redox cercano a los 330 mV.

Los resultados del crecimiento bacteriano de 5 intentos anteriores fallaron por errores en la manipulación de las muestras, temperaturas reducidas de trabajo o por deficiencias en la preparación del medio de cultivo. Al sembrar cultivos ya crecidos que contengan biomasa adaptada se puede conseguir mejores resultados como lo enseña la muestra 3.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

VARGAS, M. J. PhD. y RAMON, J. A. PhD. 2007, Bionesulfuración de carbón: Una alternativa ambientalmente viable en la reducción de azufre del carbón, revista ambiental agua, aire y suelo. issn 1900-9178 volumen 2 número 2.

Ángel Aller, Olegario Martínez, José A. de Linaje, Rosa Méndez, Antonio Morán (2000): Bionesulfurisation of coal by microorganisms isolated from the coal itself, Department of Chemical Engineering, University of León, León, Spain.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



J. Cara, M. Vargas, A. Morán, E. Gómez, O. Martíñez, F.J. García Frutos (2006): Bidesulphurization of a coal by packed-column leaching. Simultaneous thermogravimetric and mass spectrometric analyses. Natural Resources Institute (Chemical Engineering Group), University of Leon, Avda. Portugal 41, 24071 Leon, Spain.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Sitio en Internet. [http:// www.creg.gov.co](http://www.creg.gov.co). Acceso 12 de mayo de 2003

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Sitio en Internet, <http://www.dnp.gov.co>. Acceso junio de 2014

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION: International energy outlook 1998 - 2020. Sitio en Internet - . <http://www.eia.org>. Acceso de mayo de 2015

PLAN ENERGÉTICO NACIONAL. Participación del Gas Natural y del carbón en la generación térmica. Perspectivas energéticas 1997- 2010. UPME

REVISTA ESCENARIOS Y ESTRATEGIAS. Carbón Mineral. Reactivación del Consumo en el Interior del País. Unidad de Planeación Minero Energética. N° 6, octubre de 2000. pp 7 – 12.

REVISTA ESCENARIOS Y ESTRATEGIAS. Plan de masificación de gas. Desempeño en la última década. Unidad de Planeación Minero Energética. N° 6, octubre de 2000. pp 15 - 25

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Futuros para una energía sostenible en Colombia. Bogotá. 2000

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Plan de expansión de referencia. Generación transmisión, 2001 - 2015. Bogotá 2001

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA: Estadísticas minero energéticas - Sitio en Internet - . <http://www.upme.gov.co/estadisticas>. Acceso 30 de abril de 2003

CARA, J. (2000). Tratamiento biológico del carbón en lecho fijo. Modificación de la combustividad. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.

Carranza M. Morgan. (1983). Introducción a la lixiviación microbiológica de sulfuros metálicos. Ingeniería química. Nov. 83.

J. Cara et al. Bidesulphurisation of high sulphur coal by heap leaching / Fuel 84 (2005) 1905–1910.

Perez H, Villa p (2004): Desulfuración Biológica: Una Alternativa para el Tratamiento de Emisiones de Gases a la Atmósfera, Agua Latinoamérica, Volumen 5, número 3.

Anders B. Jensen & Colin Webb (1995); Ferrous Sulphate Oxidation Using Thiobacillus ferrooxidans: a Review, Process Biochemistry, Vol. 30, No. 3, pp. 225-236, 1995

LA RUTA DEL DURAZNO Y EL AGUA: UNA OPCIÓN DE DESARROLLO TERRITORIAL

César Villamizar Quiñones^{1*}, Shirley Catherine Cacia Peñaloza², Deisy Katherine Fernández García³, Dianney Josmary Maldonado Martínez⁴, Jhonatan Andrés Leal Hernández⁵, Jenny Janeth Villamizar Villamizar⁶, Luis Eduardo Latorre Peláez⁷.

1: Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.
2:3:4:5:6:7: Vicerrectoría de Investigaciones, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia

* csvillamizar@unipamplona.edu.co.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Resumen

El Programa la Ruta del Durazno y el Agua propone la construcción de un modelo de desarrollo turístico vivencial sostenible con la participación de las fuerzas vivas de los municipios de Chitagá, Pamplona, Pamplonita, Cácuta y Silos; de dinamizar la vida y economía de los habitantes rurales que están vinculados al sistema de producción del durazno y a las cuencas hidrográficas que colindan con los municipios.

El desarrollo del programa comprende cuatro fases progresivas y dependientes, donde la metodología enfatiza sobre aspectos de participación activa de la población en la definición de sus destinos y oportunidades así como en la aplicación de la planeación estratégica mediante la matriz DOFA.

Como resultado del trabajo realizado en el diagnóstico participativo fue la elaboración de la ficha técnica de las rutas. El Plan de Desarrollo Turístico que cuenta con cuatro líneas. Acorde con estos lineamientos se crearon legalmente los Consejos Municipales de Turismo y la Red de turismo de la Ruta del Durazno y el Agua de la Provincia de Pamplona encargada de gestionar e impulsar los proyectos priorizados en cada uno de los municipios integrantes de la ruta.

Palabras Clave: Turismo, durazno, territorio, agua, ruralidad, desarrollo, patrimonio, cultura, plan, sostenibilidad, red, participación.

Área temática: Sistema de Producción

Abstract

The Program the Route of the Peach and Water proposes the construction of a sustainable model of experiential tourism development with the participation of the municipalities of Chitagá, Pamplona, Pamplonita, Cácuta and Silos; to energize the life and economy of rural people that are linked to the production system of the peach and the watersheds that adjoin the municipalities.

The development program includes four progressive and dependent stages, where the methodology emphasizes on aspects of active participation of the population in defining their destinies and opportunities as well as in the implementation of strategic planning through DOFA matrix.

As a result of the work realized in the participatory assessment was the development of the technical specifications of the routes. The Tourism Development Plan which counts with four lines. According to these guidelines is legally created the Municipal Councils of Tourism and the Network Tourism of Route of the Peach and Water of the Pamplona Province responsible for managing and promoting the priority projects in each of the municipality's members of the route.

Keywords: Tourism, peach, territory, water, rurality, development, patrimony, culture, plan, sustainability, network, participation.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



INTRODUCCIÓN

La ruta del durazno y el agua propone la construcción de un modelo de desarrollo turístico vivencial sostenible con la participación de las fuerzas vivas de los municipios de Chitagá, Pamplona, Pamplonita, Cácuta y Silos.

El sistema de producción del durazno es innovador en la región y actualmente se caracteriza por su alta productividad y la experiencia que han adquirido los pequeños y medianos productores que iniciaron esta actividad hace aproximadamente 20 años. Villamizar (2008), Peñaranda (2010) En este territorio de paisajes únicos se encuentran complejos lagunares que dan origen a importantes quebradas y ríos de las cuenca hidrográficas del Lago de Maracaibo y del río Orinoco. El relieve escarpado y las condiciones climáticas propician el desarrollo de diferentes ecosistemas en donde pobladores obtienen su sustento principalmente de actividades agrícola y pecuarias destacando los sistemas de producción característicos de clima medio y frío a lo largo del eje central de la ruta. Villamizar (2012).

2 METODOLOGÍA

La metodología de trabajo se ajustó a partir de la propuesta de Marvin, Blanco M (2007) y apoyados en Plan de Desarrollo Turístico Sostenible y Comunitario de San Rafael (2012). El desarrollo del programa comprende cuatro fases progresivas y dependientes:

2.1 Fase I. Lanzamiento de la propuesta ruta del durazno y el agua.

Socialización del programa con representantes de los cinco municipios identificando los sitios, potencialidades turísticas y actividades para desarrollar con el acompañamiento de las autoridades municipales y actores locales.

2.2 Fase II. Prospección previa del territorio.

En los recorridos hechos a cada uno de los lugares propuestos por la comunidad, se realizó el levantamiento del perfil topográfico de las rutas, identificando productores de durazno, sitios turísticos relevantes, puntos estratégicos e infraestructura y servicios relacionados al turismo.

2.2 Fase III. Diagnóstico de la situación turística del territorio.

Esta fase comprende dos actividades: la primera desarrollada a nivel municipal para la consolidación del diagnóstico de la situación turística del territorio, mediante reuniones participativas y la construcción colectiva de mapas. Se conformaron los grupos de gestión turística contando con la participación activa de diferentes representantes de los gremios de cada municipio fortaleciéndose la participación del tejido social local. La segunda actividad, se llevó a cabo el análisis DOFA, mediante un taller en dos días en la Granja Experimental Villa Marina, con el propósito de identificar las líneas estratégicas y avanzar en la priorización de acciones requeridas para impulsar el turismo a nivel de cada uno de los municipios.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



2.3 Fase IV. Formulación del plan de acción turística.

El grupo investigador realiza la consolidación y ajustes del material obtenido. Esta IV fase cuenta con los siguientes componentes: Misión, visión, objetivos, metas, líneas estratégicas con sus programas y proyectos, plan de acción priorizado, estimación presupuestal.

Este trabajo se socializó en los municipios para realizar los respectivos ajustes y compromisos por parte de los integrantes del grupo de gestión turística.

RESULTADOS

3.1 Ocupación del territorio con el cultivo de durazno.

La mayoría de la población que habita el territorio de la ruta del durazno y el agua, con excepción de Pamplona, es eminentemente rural como se observa en la tabla 1. De igual forma, a través de la encuesta y la georreferenciación de los huertos (Fernández, 2013), se establece que el municipio de Chitagá, cuenta con el mayor número de productores y área sembrada (Jaimes, 2012). Así mismo, está impulsando la agroindustria porque se encuentran pequeñas empresas transformadoras de la materia prima en dulces, durazno en almíbar, mermeladas y pulpa.

Tabla 1. Ocupación del territorio con cultivos de durazno.

MUNICIPIO	Nº DE HABITANTES		Nº PRODUCTORES	Nº VEREDAS	ÁREA (HA)
	Urbana	Rural			
Chitagá	3.408	6.771	182	16	236.5
Cácota	742	1.841	84	12	210.5
Silos	1.868	3.416	127	9	170
Pamplona	67.000	12.000	13	5	43.66
Pamplo nita	822	3.970	25	4	64.49
TOTAL	73.840	27.998	431	46	725.15

3.2 Características de las rutas turísticas evaluadas.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



En la tabla 2 se sintetizan las dieciocho rutas levantadas por el programa, con su longitud y duración. La longitud total de las rutas estudiadas es de 352.64 Km., con una duración que oscila entre hora y media y 10 horas de recorrido, empleando carreteras pavimentadas, carretables y caminos de herraduras y senderos. Dentro de las rutas se identificó la mayor altura sobre el nivel del mar en el Complejo Lagunar Antalá con 3.751 m.s.n.m. y de menor altura en la Granja Experimental Villa Marina con 1.183 m.s.n.m.

Tabla 2. Rutas evaluadas en los municipios.

Nombre de la ruta	Long Km.	Altura (m.s.n.m) mínima-máxima	Duración estimado	Recorrido
Pamplona-Laguna el Salado	80	1.305-3.473	10 Horas	Carretera pavimentada
Laguna del Cacique Cáкота	6.3	2.300-2.430	3 horas, ida y vuelta	Camino de herradura
Hato de la Virgen de los Dolores	10.5	2.338.-2.776	1 hora y media	Camino carretable
Camino Real Pamplona-Cáкота	15.5	2.300-2.303	6 horas	Camino en piedra
Laguna de Borrero	7.2	2.302-2480	2 horas	Camino carretable
Pamplona-El Rosal	11.6	2.231-2.881	5 horas	Camino carretable
El Rincón de Joel	6	2.336-2.513	1 hora y 30 minutos	Camino de herradura
Laguna Negra-Laguna Elisea	15	2.341-3.625	6 horas ida y vuelta	Pavimentada, camino de herradura





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Cerro de las Tres Cruces	4.24	2,303-2.336	2 horas	Camino de herradura
Pamplona-Pamplonita Vía El Arenal-vía pavimentada	23	1.745-2.435	2 horas y 45 minutos	Camino de herradura y carretera pavimentada
Santuario del Señor Caído- (Pamplonita)	3	1.833-1.751	1 hora y 20 minutos ida y vuelta	Camino carretable
Ruta Villa Marina	6.2	1.183-1.475	3 horas y 30 minutos	Sendero
Silos-Complejo Lagunar Antalá	57.8	2.730-3.751	4 horas	Camino carretable
Pamplona-Silos - Bábega	61	2.117-2.730	6 horas	Camino carretable
Museos Pamplona	6	2.177-2.349	Hora y media	Casco urbano recorrido mixto
City Tour-Pamplona. Circuito	12	2.177-2.436	2 horas y media	Casco urbano recorrido mixto
Chitagá-Laguna Comagueta.	21.6	2.352-3,432	1 hora y 30 minutos	Camino real,
Laguna del Salado-Laguna el	5.7	2.343-3.333	2 horas	Camino carretable





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Tambor				
--------	--	--	--	--

Fichas técnicas de las rutas

Se describe el recorrido con los paisajes, clima, duración, recomendaciones, mapa del perfil topográfico y altitudinal para que el turista prepare sus equipos y conozcan el esfuerzo físico que deben realizar para recorrer cada una de ellas.

Tabla 3. Ficha Técnica Pamplona-Laguna el Salado (Chitagá)



NOMBRE DE LA RUTA	LOCALIZACION	LONGITUD (Km)
PAMPLONA-LAGUNA DEL SALADO (Chitagá)	PAMPLONA-CÁCOTA-CHITAGÁ	80 Km
DATOS		ORGANIZADORES Universidad de Pamplona
CONTACTOS DE GUAS	Cáocota: Fabián Guerrero, 3138183364. Yrina Rosa Vera, 3214246104. Chitagá: Javier Medina, 321239425. Felix Conde, 321265462. Pamplona: Rhonatan Andrés Leal H. 3122951122	DESCRIPCIÓN DE LA RUTA
COMIENZO DEL RECORRIDO	PAMPLONA (Parque Principal de Pamplona) N° 22.590 W72 38.926	Se inicia el recorrido en el Parque Central de la Ciudad de Pamplona N° 22.590 W72 38.926, se toma la carretera Torvald del Norte (Estación de servicios Panamericana). Recorridos 13 Km se llega al Páramo de la Laja antigua Laguna de Húlagó sitio sagrado de los Indios Chiranoes. Apreciando naturaleza de clima frío Andino y por una carretera totalmente pavimentada y en buenas condiciones encontramos el sitio conocido como el Alto de las Burras lugar en el cual se cruza la cuenca del río Chitagá, sigue la vía hasta el Municipio de Cáocota de Velasco, población de estilo colonial en la cual se encuentran adornadas las fachadas de sus viviendas con hermosas flores, en el Parque Principal se puede adquirir artesanías típicas del lugar y a su vez se puede visitar la laguna el Cacique Cáocota N° 17.224 W72 38.220 ubicada a 3 Km del parque principal. El retorno se realiza por la misma vía de acceso a la población. En el Kilómetro 2 es digno de apreciar un igualable paisaje y panorámica de las vías de acceso a esta Región. Antes de llegar a Puente López visitamos las plantas clasificadas de Durazno Vera Pabón y el Prado ubicadas a pocos metros de la vía central, en las cuales se podrá enterar del proceso inherente a la producción del Durazno. El punto que se encuentra después de Puente López se denomina Llano Grande sitio comercial y de cultivos de Durazno. Luego se llega al Municipio de Chitagá que se distingue por su construcción tipo colonial y en el cual se basa su economía en la producción de quesos, papa y maní.
FINAL DEL RECORRIDO	LAGUNA DEL SALADO (Congregimiento de Presidente) N° 00.608 W72 41.895	
TOPOGRAFIA DEL RECORRIDO	Ondulado y fuertemente ondulado	
DURACION DEL RECORRIDO	10 Horas	
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	MAXIMA 3.479 MINIMA 1.935	
CARACTERISTICAS DEL RECORRIDO	Paisajístico, eco turístico Fonitón: N° 21.598 W72 37.359 Alto de las Burras: N° 19.769 W72 38.884 Cáocota: Laguna el Cacique Cáocota: N° 17.224 W72 38.220 Duraznera Vera Pabón: N° 14.147 W72 37.321 Duraznera Intra el Prado: N° 13.389 W72 37.831 Chitagá: Puente López: N° 12.433 W72 38.152 Llano Grande: N° 10.510 W72 38.180 Laguna del Salado: N° 00.965 W72 41.895 Laguna de Comagueta: N° 00.625 W72 40.899 Laguna del Tambor: N° 00.620 W72 42.808	
SITOS DE INTERES	Hotel y restaurante Chitagá: Hotel Villa Norte, 313020791. Hotel y restaurante Cáocota: Maná Rosa, 3138183364 Hotel y restaurante Presidente: EL VAKAAN, 321468490	
SERVICIOS	CLARO telefonía móvil	
COMUNICACIONES COBERTURA	Poca señalización	
SEÑALIZACIÓN DE LA RUTA	Carretera pavimentada Vía Central del Norte N° 19.769 W72 38.884	
ACCESO		
RECOMENDACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> - Mantener un ritmo de marcha adecuado y progresivo, empezando con un ritmo lento. - Portar documento de identidad y carnet de salud. - Utilizar bloqueador y repelente de insectos, gorra u otro elemento para protegerse de los rayos solares. - Usar calzado cómodo. - Usar ropa adecuada para clima frío y un impermeable en caso de lluvia. - Llevar un par de medias de repuesto. - Disponer de una bolsa. - Llevar botellas hidratantes. No bebidas Gaseosas. - Manejar de forma correcta los residuos sólidos y empujados de alimentos, utilizando una bolsa para recolectarlos. - Mantener las rutas transitadas en orden y completamente aseadas. - No se permite intervenir la naturaleza desde ningún punto de vista. - Temperatura Media Aproximada de 15°C. 		

Perfil topográfico





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Perfil Altitudinal



3.3 Diagnóstico de la situación turística del territorio.

3.3.1 Riqueza Histórica

En la Tabla 4 se identifica la infraestructura teniendo en cuenta el patrimonio arquitectónico rural, urbano e histórico durante los recorridos,

Tabla 4. Patrimonio material.

Municipio	Patrimonio Material
Chitagá	Puente Real, La iglesia de San Juan de Nepomuceno, la casa donde se hospedo Bolívar, las ruinas de la casa natal de Ramón Gonzales Valencia y el inmueble de la casa cural.
Pamplona	Los museos Casa Colonial, Arte Moderno Ramírez Villamizar, Arquidiocesano de Arte Religioso, Casa Museo Águeda Gallardo, Casa Anzoátegui y museo Fotográfico Toto Villamizar, Casa de Mercado, Iglesias, Campus de la Universidad de Pamplona, Batallón García Rovira, Molinera de Herrán, Cristo Rey.
Cácota	Parque Principal, Santuario de Nuestra Señora de los Dolores.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Silos	Iglesia, Casa Consistorial, Esquina de El Matacho, Pila de agua ubicada en el centro de la Plaza, puente de Cáraba, puente Unión.
Pamplonita	Parque principal, Puente de Potosí, Capilla Nuestra Señora de Fátima (Diamante), Granja Villa Marina, Centro recreativo Guayabales.

3.3.2 Riqueza Cultural

Cada uno de los municipios reconoce su patrimonio cultural intangible expresado en tradición oral, danza, música, festividades y eventos. En la Tabla 5 se destaca la comida típica y aquella que se ha dejado de elaborar, con el fin de incentivar su preservación.

Tabla 5. Gastronomía

Municipio	Gastronomía
Chitagá	Queso, mantecadas, productos derivados del durazno, trucha, sopa de ruyas, tamales, chicha, guarapo, arepa de pelao, ovejo, mute, tortas, dulces de durazno, cuajada.
Pamplona	Colaciones, tamales de maíz, arepa de maíz pelao, papa chorriada, sopa de ruyas, chivo, arroz de maíz blanco, hayaca
Cácota	Chicha de Durazno, arepa de remendao, angú, sopa de maíz, carne de ovejo, trucha, arroz de maíz, arepa cariseca, habas tostadas, sopa de ruyas, chicha.
Silos	Arroz de maíz, sopa de ruyas, arepa de maíz pelao, rosquetes, chicha de maíz y de ojo, angú, ovejo, trucha arco iris, mute, arepa cari seca, arepa de remendad
Pamplonita	Mute, sancocho

3.4 Elaboración del Plan de Desarrollo Turístico local de los municipios que conforman la ruta del durazno y el agua.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Se toma como referente la planificación estratégica participativa y comunidad local (2006), para identificar las debilidades, fortalezas, amenazas, oportunidades de cada uno de los municipios, estableciendo las características propias y potencialidades.

En este proceso se consolidaron y validaron con los actores locales las siguientes líneas estratégicas:

- Organización del sistema turístico local.
- Fortalecimiento del tejido social vinculado al sistema turístico local.
- Mejoramiento de la infraestructura turística.
- Mercadeo y posicionamiento del producto turístico.

Cada línea estratégica cuenta con un conjunto de proyectos que responden al análisis DOFA, priorizando las acciones a ejecutar a partir de la aprobación del Plan de Desarrollo Turístico.

3.5 Conformación de los Consejos municipales y Red de Turismo.

Acorde con las acciones previstas en el Plan de Desarrollo Turístico se gestionó ante las alcaldías y Consejos municipales la sanción del acuerdo donde se crea el Consejo municipal de turismo.

A partir de estas experiencias para gestionar el Plan de Desarrollo Turístico y coordinar sus acciones en la provincia, se conformó la Red de Municipios turísticos Ruta del Durazno y el Agua de la provincia de Pamplona, cumpliendo con los lineamientos dados en el 2012 por el Ministerio de Industria y Comercio sobre el turismo comunitario.

CONCLUSIONES

La ruta del durazno y el agua cuenta con una población fuertemente vinculada a la vida rural dentro de las que se destaca la producción de durazno.

Existe una gran variedad de paisajes y opciones para realizar diversas formas de turismo que están descritas en las fichas técnicas de dieciocho rutas evaluadas.

Cada municipio cuenta con el Plan de Desarrollo Turístico que establece los lineamientos para impulsar el desarrollo del turismo en este territorio.

5 RECOMENDACIÓN

Es aconsejable que todos los actores involucrados en el Plan de Desarrollo Turístico, trabajen coordinadamente para cumplir los acuerdos y compromisos concertados durante la formulación del plan.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Administración Municipal de San Rafael Antioquia. ISGEN S.A. E.S.P. Agencia para el Desarrollo Económico de la Provincia del Oriente Antioqueño ADEPROA. (2012). Plan de Desarrollo Turístico Sostenible y Comunitario de San Rafael. Rionegro Antioquia. Colombia.

Fernández G. Deisy Katherine, 2013. Caracterización de los productores de durazno (*Prunus persica* (L) batsch) del municipio de Cágota, Norte de Santander. Pamplona. Colombia.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



<https://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-registros-vitales/censos/censo-2005>

Jaimes D. Adriana Lizeth, 2014. Zonificación de los productores de Durazno (*Prunus pérsica* L. (Batsch)) del municipio de Chitagá. Pamplona. Colombia.

Marvin, Blanco M, (2007). Guía para la elaboración del plan de desarrollo turístico de un territorio, PRODAR-IICA. San José, Costa Rica.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2012). Lineamientos de política para el desarrollo del turismo comunitario en Colombia. Bogotá. Colombia.

Peñaranda, et al., (2010). Producción de Durazno en la Provincia de Pamplona. Pamplona.

Popovich, María M., Toselli Caludia. (2006). Planificación estratégica participativa y comunidad local. Desarrollo de un destino turístico en Argentina. Cuadernos de Turismo, Nº 17, pp. 167-188.

Villamizar Q. César, 2008. Características de cadena productiva del Durazno en la Provincia de Pamplona, Norte de Santander. En: Memorias II Jornada Internacional académico-científica. Seminario Internacional. Avances e innovaciones tecnológicas en la cadena productiva del Durazno, Universidad de Pamplona. Pamplona. Colombia.

Villamizar Q. César, 2012. Características de los sistemas de producción del duraznero (*Prunus persica* L. (Batsch)) en la Provincia de Pamplona, Norte de Santander. En: Seminario Internacional de Frutales Caducifolios en el Trópico (22-23, Noviembre: Bogotá). Memorias. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTORES DE DURAZNO (*Prunus pérsica* (L) Batsch) EN LAS PROVINCIAS DE PAMPLONA Y RICAURTE, NORTE DE SANTANDER

César Villamizar ¹, Deisy Fernández ²,

1: Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia

2: Vicerrectoría de Investigaciones. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia

csvillamizar@unipamplona.edu.co

deisy.fernandez@unipamplona.edu.co

Resumen

Este trabajo se realizó en los municipios de Silos, Pamplona, Pamplonita, Herrán, Labateca, Toledo y Chinácota mediante encuestas aplicadas a los productores abordando aspectos socioeconómicos, técnicos y organizacionales; con la georreferenciación de los predios se verificaron las áreas sembradas en este caducifolio. Las tecnologías utilizadas para la





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



producción de este frutal son muy similares, manejadas por pequeños y medianos productores. El municipio de Silos aporta la mayor área sembrada con el 66% de las 324 Ha registradas. Así mismo como el mayor productor con un rendimiento de 24.5 Ton por ciclo. Las variedades representativas de la zona son Jarillo o Durazno Amarillo y Gran Jarillo o Durazno Rojo, está última la más apetecida para el consumo en fresco. El mayor porcentaje de productores encuestados no se encuentran asociados a una cooperativa lo que dificulta la búsqueda de nuevos mercados.

Palabras Clave: Durazno, Caracterización, Georreferenciación, Sistemas de Producción, Jarillo, Gran Jarillo
Área temática: Sistemas de Producción.

Abstract

This work was done in the municipalities of silos, Pamplona, Pamplonita, Herran, Labateca, Toledo and Chinácota through surveys of producers addressing socio-economic, technical and organizational aspects; with checked georeferencing of properties in the areas planted deciduous. The technologies used for the production of these fruits are very similar, managed by small and medium producers. Silo Municipality provides most planted with 66% of the 324 registered hectares in the area. Also as the largest producer with an output of 24.5 tons per cycle. The representative varieties of the area are Jarillo or Peach Yellow and Great Jarillo or Red Peach, this last one is the most desired for fresh consumption. The highest percentage of producers questioned are not associated to a cooperative which makes the search for new markets.

Keywords: Peach, characterization, georeferencing, production systems, Jarrillo, Great Jarrillo

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de durazno en los municipios de Pamplona, Pamplonita, Toledo, Labateca, Chinácota, Herrán y Silos, es de gran relevancia para el desarrollo sostenible de la comunidad por su importancia económica, generación de empleo y buenos precios en el mercado. Para mejorar su desempeño requiere de estrategias que contribuyan en el mejoramiento de la producción y al desarrollo de la agroindustria.

El número de productores, el área sembrada y las variedades utilizadas en estas plantaciones son las principales características a tener en cuenta en la ejecución de éste trabajo.

Para caracterizar los productores en la región se realizaron recorridos y visitas a las fincas de los productores para entrevistarlos e indagar sobre aspectos socioeconómicos, técnicos y organizacionales. La actividad se complementó con el recorrido de los lotes en su compañía, para establecer el área por variedades y edades de los huertos. El análisis de la información obtenida permite identificar fortalezas del sistema y debilidades para impulsar el desarrollo tecnológico y la innovación que mejoren el desempeño de los productores de durazno de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



2.1 Lugar de la investigación. El presente trabajo fue realizado en los municipios de Pamplona, Pamplonita, Toledo, Labateca, Chinácota, Herrán y Silos, en las veredas productoras de durazno según información suministrada por la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA).

2.2 Fases del proyecto

El proyecto se desarrolló teniendo en cuenta tres fases: Recolección de información, organización y análisis de la información y socialización de los resultados.

2.2.1 Primera fase. Recolección de información

Se desarrollaron tres actividades a saber: Presentación y socialización del proyecto ante las alcaldías municipales y productores de los municipios. Aplicación de la encuesta estructurada a productores y georeferenciación de los predios.

2.2.2 Segunda fase. Organización y análisis de la información

La información de las encuestas se organizó en planillas de Excel para graficar y analizar los resultados. Mediante el uso de la matriz DOFA se diseñaron estrategias para el fortalecimiento del sistema de producción, según los lineamientos de Popovich, 2006.

2.2.3 Tercera fase. Socialización de los resultados.

En esta fase se dio a conocer a todos los productores en forma detallada la información obtenida en la investigación por medio de conferencias y documentos que facilitaron su socialización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos socioeconómicos

Existen 198 fruticultores que explotan 324 ha, con un promedio de 1.63 ha por agricultor que los cataloga como pequeños productores, coincidiendo con lo afirmado por Villamizar (2008, 2012) y Peñaranda (2010). En la mayoría de los municipios el lugar de residencia son las unidades de producción; con excepción de Silos en donde el 34, 5% pernotan en la cabecera municipal y en los corregimientos. La mayor parte de la mano de obra empleada es de carácter familiar y los ingresos se sustentan en la agricultura y en menor proporción en la ganadería. En los municipios de Silos, Pamplona, Pamplonita y Toledo más del 90% de los productores cuentan con vía de acceso a sus predios y los municipios de Herrán, Chinácota y Labateca superan el 75%. Sin embargo las condiciones de estas carreteras secundarias y terciarias, afecta labores como el transporte y la comercialización de los productos.

La producción actual estimada es de 4427.1 Ton cuyo valor es de \$8, 854, 200,000.

Aspectos técnicos





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Con base en la tabla 1. Se destaca el municipio de Silos con 170.94 Ha sembradas y Chinácota 3.69 ha como el municipio de menor área sembrada. Los rangos de altura sobre el nivel del mar oscilan entre 1626 m (Chinácota) y 2718 m (Silos). Las variedades más empleadas son Jarillo y Gran Jarillo como lo manifiesta Miranda et al, 2013, con el 18,73 y 75% respectivamente. Se encontraron 193.77 ha con huertos en plena producción y 130.23 ha en la etapa de formación o huertos menores de tres años. Dentro de los huertos en formación el 97% están sembrados en Gran Jarillo y el 3% Jarillo. El 58% del área en producción está en Gran Jarillo y el 30% en Jarillo y el 12% en lotes con mezcla de los dos materiales.

En cuanto a la producción, el Gran Jarillo reporta 2605,3 toneladas mientras que el Jarillo 1794 toneladas.

Tabla 1. Principales características del cultivo de durazno en la región.

Municipio	Variiedad	Área Ha	Alturas m.s.n.m	Rendimiento Ton
Silos	Jarillo, Gran Jarillo y otra.	170.94	2099- 2718	1911.8
Pamplonita	Jarillo, Gran Jarillo y otra.	64.47	1656- 2192	1319.5
Pamplona	Jarillo y Gran Jarillo	43.68	1935- 2324	698.5
Herrán	Jarillo y Gran Jarillo	18.71	1685- 2184	219.7
Labateca	Jarillo y Gran Jarillo	17.85	1702- 2129	222.2
Toledo	Jarillo y Gran Jarillo	4.68	1780- 1973	47
Chinácota	Jarillo y Gran Jarillo	3.69	1626- 2082	8.4
TOTAL		324 Ha		4427.1

Fuente. Fernández y Villamizar, 2014

Las decisiones sobre la fertilización de este cultivo, el 80% de los agricultores se basa en las recomendaciones de las casas comerciales, ya que los productores argumentan que no ven en el análisis de suelos una herramienta clave para la toma de esta decisión.

El principal inconveniente para este sistema de producción son las plagas y enfermedades, siendo la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) y el torque (*Taphrina deformans*) las más comunes. Ante esta situación, el 100% de los productores ven en el control químico la opción más viable y efectiva para reducir los daños causados coincidiendo con lo mencionado en el estatus fitosanitario de Durán, 2008.

Otras prácticas comunes en este sistema de producción son las podas, realizándolo más del 80% de los encuestados y el raleo de frutos se ha convertido en una práctica generalizada en contraste con los expresado en Villamizar 2008. Entre los destinos de comercialización del fruto, Bogotá, Medellín, Bucaramanga y Cúcuta, son los lugares preferidos por los productores para la venta de este caducifolio.

Asociatividad





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Este factor, no es primordial para la gran mayoría de los municipios, ya que solo el 25,6% de los productores están vinculados a una asociación activa. La principal razón para no vincularse a una asociación, es la de no contar con suficiente tiempo para participar en las actividades programadas, y prefieren vender sus productos de manera individual.

En todos los municipios, se muestra gran interés en recibir algún tipo de capacitación, siendo el control de plagas y enfermedades, la fertilización y las podas los temas de gran aceptación.

Algunos factores como el transporte y la comercialización del producto, reducen la rentabilidad del cultivo y aumentan los costos de producción. Esto obedece a la precaria infraestructura vial con que cuentan los municipios. De la misma manera, la escasa mano de obra como también lo manifiesta Miranda et all., dificulta las labores agronómicas como podas, raleo de frutos, cosecha y clasificación de frutos, especialmente en el municipio de Silos.

Aspectos positivos, fueron señalados por los productores en relación a este sistema de producción, entre los que se pueden destacar la generación de ingresos, fácil manejo, cultivo permanente y rentable. Finalmente, las buenas prácticas agrícolas, se encuentran en proceso de establecimiento; sólo los municipios de Chinácota con un 83,3 % y Toledo con el 100% de los productores cuentan con estas prácticas.

Por medio de la matriz DOFA se analizaron los principales aspectos influyentes en el sistema de producción de durazno como lo indica la tabla 2. y luego se plantearon estrategias que beneficien a los productores de los municipios.

Tabla 2. Análisis de los aspectos influyentes en el sistema de producción mediante la matriz DOFA.

	FORTALEZAS	DEBILIDADES				
FACTORES INTERNOS	-Los productores cuentan con tecnologías que les permiten escalar en diferentes etapas los predios para mantener producciones durante todo el año.	-Carecen de alternativas tecnológicas para el manejo integrado de plagas y enfermedades. Realizan planes de fertilización sin análisis de suelos. -Poca aplicación de Buenas Prácticas		FACTORES EXTERNOS	-La producción de durazno es rentable aunque se da en época de abundancia. -Es un sistema de producción generador de empleo. -La calidad de vida de algunos agricultores	Agrícolas (BPA). -Los agricultores son dependientes de los productos agroquímicos. -Presencia de la mosca del Mediterráneo C. capitata. -Asociación de productores incipientes. -Falta de orientación para fortalecer la





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



	<p>se ha mejorado gracias a éste cultivo.</p> <p>-Existe mano de obra especializada en las diferentes labores agronómicas del cultivo.</p>	<p>organización.</p> <p>-La comercialización se realiza por intermediarios.</p> <p>-Falta de una marca de durazno para cada municipio.</p>
<p>OPORTUNIDADES</p> <p>-Generar agroindustria para dar un valor agregado al producto.</p> <p>-Aumento de la demanda del producto en el mercado nacional.</p> <p>-Posibilidades de mercadeo según demanda internacional para Venezuela, Ecuador y Centro América.</p> <p>-Programa de asistencia técnica para los pequeños productores a través de las alcaldías.</p>	<p>•Diseñar programas turísticos que involucren los sistemas de producción de durazno en los municipios como Toledo, Labateca, Herrán y Chinácota.</p>	<p>•Desarrollar temas de capacitación de forma dinámica sobre manejo integrado de plagas y enfermedades, sistemas de riego, comercialización, podas, raleo de frutos y BPA para lograr un mejoramiento en el manejo del cultivo donde las apliquen el mayor número de productores.</p> <p>•Crear una estrategia de comercialización que incluya la marca del producto, empaques versátiles que</p>

		<p>sean certificados.</p> <p>•Incentivar la asociatividad en los productores con enfoque agroempresarial.</p>
<p>AMENAZAS</p> <p>-Nuevas zonas de producción de durazno en el interior del país.</p> <p>-Importación de durazno por TLC, principalmente de Chile.</p>	<p>•Crear un sistema de información en línea que permita observar la dinámica de la producción de durazno en cada municipio.</p>	



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



CONCLUSIONES

El sistema de producción de durazno es desarrollado por pequeños productores que emplean principalmente el trabajo familiar para el desarrollo de las actividades de sus huertos.

La producción de durazno es altamente generadora de empleo, mano de obra especializada en podas, raleo, aplicación de pesticidas y cosecha cuidadosa del producto.

Dentro de las dificultades que tiene el sistema de producción están las relacionadas con malas condiciones de las vías de comunicación, la escasez de mano de obra en algunos municipios, la mosca de la fruta y hongos. Además del bajo sentido de asociatividad.

En todos los municipios manifestaron las necesidades de capacitación en manejo de plagas y enfermedades, podas, fertilización y manejo de agroquímicos.

La comercialización del fruto, tiene varios destinos, donde Bogotá, Bucaramanga y Cúcuta son las principales plazas para los productores.

Referencias bibliográficas

Caballero, 2002. Bolivia: Técnica duraznero. Disponible en: <https://goo.gl/t6t1Yb>

Casaca, 2005. Honduras: AgriFoodGateway, el cultivo de durazno. Disponible en internet <http://goo.gl/UjGPGx>

Durán, 2008. Estatus fitosanitario del duraznero (*Prunus persica* L) Batsch) departamento Norte de Santander. En: II Jornada Internacional Académico Científica. Seminario Internacional. Avances e Innovaciones tecnológicas en la cadena productiva del durazno (29,30 y 31, Octubre: Pamplona, Norte de Santander). Memorias. Universidad de Pamplona.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Gratacós, 2002. Chile: EL CULTIVO DEL DURAZNERO Prunus persica (L.) Batsch. Disponible en internet
<http://goo.gl/zwwzyx>

Miranda, et all., 2013. Los frutales caducifolios en Colombia: Situación actual, caracterización de sistemas de producción y plan de desarrollo. Bogotá: Offset Gráfico Editores SA.

Peñaranda, et al., 2010. Producción de Durazno en la Provincia de Pamplona. Pamplona.

Popovich, María M., Toselli Caludia. (2006) Planificación estratégica participativa y comunidad local. Desarrollo de un destino turístico en Argentina. Cuadernos de Turismo, N° 17, pp. 167-188.

Tarazona, 2009. Caracterización del sistema de producción del duraznero (Prunus persica, (L.)batsch) en los municipios de Chitagá, Cácuta, Labateca, Silos, Pamplona y Pamplonita. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad de Pamplona. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ingeniería Agronómica.

Villamizar, 2008. Características de la cadena productiva del duraznero en la Provincia de Pamplona, Norte de Santander. En: II Jornada Internacional Académico Científica. Seminario Internacional. Avances e Innovaciones tecnológicas en la cadena productiva del durazno (29,30 y 31, Octubre: Pamplona, Norte de Santander). Memorias. Universidad de Pamplona.

Villamizar, 2012. Características de los sistemas de producción del duraznero (Prunus persica L. (Batsch)) en la Provincia de Pamplona, Norte de Santander. En: Seminario Internacional de Frutales Caducifolios en el Trópico (22-23, Noviembre: Bogotá). Memorias. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE ACUÍFEROS EN COLOMBIA

CONCEPTUAL HYDROGEOLOGICAL MODEL OF AQUIFER IN COLOMBIA

E. R. Monroy Vargas*

***Ph. D. Edgar Ricardo Monroy Vargas. Profesor Titular,** Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Fundación Universitaria Agraria de Colombia , e-mail: monroy.edgar@uniagraria.edu.co





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Abstract: (Arial 10) This paper deals with the modeling and simulation the most common transient processes that happen in the electric motors. The mathematical models of the motors used in the simulation are shown. The develop programs

Resumen: Las aguas subterráneas se han venido utilizando como alternativa a las aguas superficiales. Normalmente, el volumen de agua almacenado en los acuíferos es grande, comparado con el flujo de recarga, esto implica que el tiempo de residencia de las aguas subterráneas de los acuíferos sea superior al de las aguas superficiales en su reservorio (ríos y lagos). El objetivo de este trabajo, es vincular estudios geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, geotécnicos, sociales, económicos y culturales, apoyados con SIG, permitiendo así, un diagnóstico acertado del estado actual de los acuíferos en Colombia (caso de estudio Duitama), y formulación de técnicas necesarias para su adecuado manejo, conservación y prevención de su contaminación. El alcance de este estudio implica, el desarrollo de un modelo hidrológico conceptual, evaluación de volúmenes de extracción anual, evaluación de reservas y de recarga del acuífero, determinación del rendimiento del acuífero en explotación, priorización del uso de las aguas subterráneas y elaboración de un plan de gestión de manejo ambiental, que permitan la implementación de medidas de protección de las aguas subterráneas.

Keywords: Biodigestor, design, biomass, biogas, biofertilizer

Palabras clave: Acuífero, gestión de recursos hídricos, modelo hidrogeológico, balance hídrico.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Municipio de Duitama no conoce la extensión del acuífero que se encuentra hoy por hoy bajo explotación, las zonas de recarga, volúmenes de agua, volúmenes de extracción, volúmenes de recarga, fuentes superficiales que apoyan su recarga y posibles fuentes y puntos de vulnerabilidad a la contaminación; con base en esto, este estudio pretende diagnosticar el estado actual del acuífero que permita a su vez, proyectar las estrategias necesarias para su manejo y conservación futura. Hacen parte del alcance de este estudio, el planteamiento de un modelo hidrológico conceptual, evaluación de volúmenes de extracción anual; evaluación de reservas y de recarga del acuífero, hallando estas variables desconocidas se puede establecer el modelo hidrogeológico.

2. METODOLOGÍA

2.1. Localización del área de estudio

Figura 1.- Localización del Municipio de Duitama en Boyacá

2.2. Hidrología del área de estudio

El estudio hidrológico general, parte desde la identificación de los componentes geomorfológicos de la cuenca, la caracterización de variables físicas (e.g., precipitación, temperatura, escorrentía superficial) y la construcción del modelo de balance hídrico, partiendo de la información de las precipitaciones totales mensuales, de la evapotranspiración mensual estimada y la escorrentía media mensual, se construyó el balance de agua en el suelo a lo largo del periodo de estudio. Dos de los métodos de balance, fueron empleados en el presente estudio para los propósitos que anteriormente se describieron, estos son: el método directo y el modelo de Thomas.



2.3. Modelo hidrogeológico

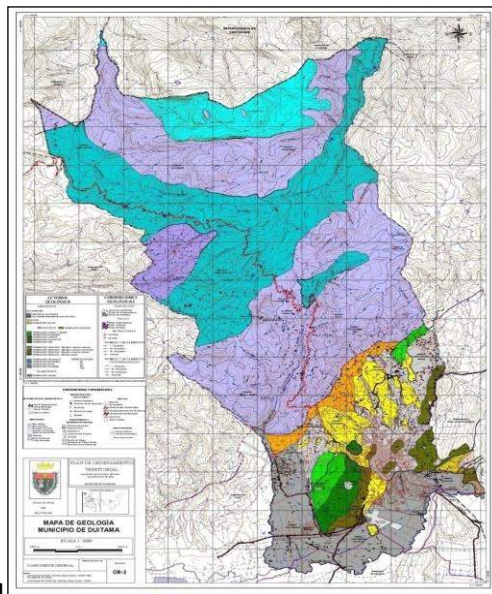
Para desarrollar el modelo hidrogeológico conceptual se hizo una caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas presentes en el área, se estableció su distribución lateral y en profundidad, se identificó su interrelación con los principales cuerpos de agua superficial y se evaluó la información hidrológica e hidrogeológica disponible (Sankarasubramanian y Vogel (2002); Vogel y Kroll (2002)).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



3.1 Geología estructural

Figura 2. Mapa geológico de la región

3.2. Método directo de balance hídrico

Los resultados que se presentan, dan a conocer una fuerte disparidad climática entre los sectores, infiriéndose que la parte baja de las cuencas de estudio se ve afectada por mayores temperaturas que traen como efecto, mayor evapotranspiración, superando los niveles observados en la parte alta de las subcuencas, en más de 100 mm, una ilustración de la cuenca en estudio se puede observar en la figura 3.

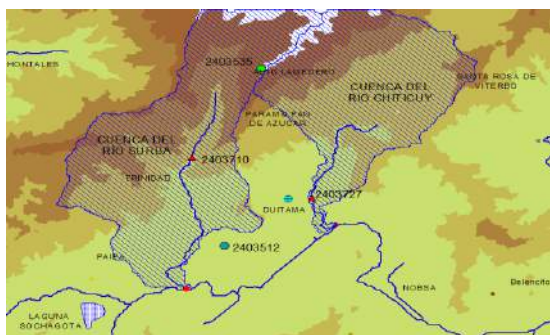


Figura 3. Cuencas del área de estudio

3.3. Método de balance de Thomas

El modelo “abcd” es un modelo de cuenca no lineal el cual acepta la precipitación y la evapotranspiración potencial como entradas de modelo, produciendo la magnitud del flujo en la corriente hídrica de estudio. Internamente el modelo también representa la humedad almacenada en el suelo, el almacenamiento subterráneo, la escorrentía superficial, las descargas de flujo procedente de acuíferos a las corrientes y la evapotranspiración actual. (Thomas et. al (1983); Thomas(1982))





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Ver figura 4.

3.5. Principales acuíferos

Los principales acuíferos presentes en el área de estudios están representados por las siguientes formaciones; formación Cuche (Cc), formación Montebel (Jim), formación La Rusia (Jru), formación Tibasosa (Kit), formación Une (Kv2), formación Conejo (Kscn), formación Plaeners (Kg2), formación Labor y Tierna (Kg1), formación Guaduas (Ktg), Depósitos aluviales (Qa), Depósito fluvio lacustre (Qpl).

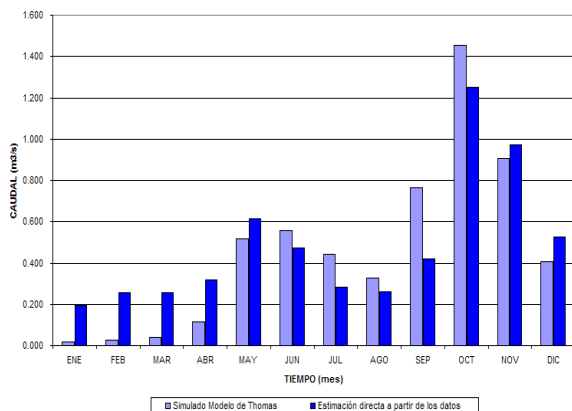


Figura 4 Comparación de resultados entre los valores simulados por el método directo y por modelo de Thomas (cuenca río Chiticuy).

3.6. Acuitardos

Las formaciones que almacenan agua pero no permiten flujo de ella en cantidades significativas, identificadas en la cuenca como acuitardos, son las siguientes: formación Conejo (Kscn), Formación Plaeners (Kg2), Formación Guaduas (Ktg).

3.7. Infiltración y recarga

Con el fin de caracterizar la infiltración y recarga del acuífero actualmente bajo explotación, se aprovechó la información, relacionada con los siguientes aspectos: Características geológicas y balance hídrico.

3.8. Características geológicas

Las zonas de recarga coinciden con las zonas de afloramiento de los acuíferos identificadas y delimitadas. La recarga de este acuífero se debe producir lateralmente a partir del río Chiticuy o de otros cauces superficiales que se hallan en continuidad hidráulica con las gravas y arenas del acuífero principal (Qpl).

3.9. Balance hídrico

La infiltración y recarga para la cuenca del río Chiticuy, en la cual se halla casi en la totalidad de los pozos profundos que poseen concesión, es del orden de 33,84 m3 / año.

3.10. Cuantificación de la recarga actual





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



El cálculo de la infiltración efectiva obtenido del balance hídrico, permite calcular que el volumen anual de recarga hacia el principal acuífero captado en la actualidad, por los pozos que extraen agua de los depósitos cuaternarios fluvio lacustres (Qpl), en la cuenca del río Chiticuy, es del orden de 33,8 x106 m3 anuales.

3.11. Espesor y profundidad del acuífero

El espesor del acuífero principal varía ampliamente pero se considera que tiene un promedio de 100 m. De este espesor promedio que está integrado por un sello superior impermeable (de arcillas), de 20 m de espesor, gravas y arenas con intercalaciones arcillosas; se puede promediar un espesor neto del acuífero (gravas y arenas), del orden de 50 m.

3.12. Reservas

El cálculo de reservas de agua subterránea para el municipio de Duitama, se hizo teniendo en cuenta el espesor, el área y la porosidad efectiva del acuífero. Los valores obtenidos se resumen a continuación:

$$Volumen\ de\ reservas\ del\ Cacho = R_s = \text{área} \times \text{espesor} \times \text{porosidad\ efectiva}$$

No se tienen valores de porosidad efectiva medidas en campo, en la cuenca. Para el cálculo se toman valores mínimos, dados en la literatura para gravas y arenas (material no consolidado), del orden del 10%, el volumen de reservas del acuífero principal (Qpl) = 90 x 106 m3

3.13. Descarga del acuífero

La principal descarga del acuífero ocurre a través de los pozos profundos que actualmente extraen agua subterránea de la cuenca. La posible salida de agua subterránea a través de las formaciones en profundidad hacia zonas adyacentes, se considera despreciable debido a la estructura geológica de la cuenca, según la cual los acuíferos se profundizan en dirección occidental, por lo cual no tienen zona de afluencia; la descarga actual del acuífero es de 9,59 x 106 m3 / año.

3.14. Rendimiento seguro de los acuíferos en explotación

A partir de los análisis realizados con base en los balances hídricos (de explotación y de recarga) se puede inferir que el volumen de explotación anual es menor que la recarga, de acuerdo con los valores presentados, es del orden de 33,84 m3 / año. Con base en estas cifras se calcula el “rendimiento seguro”, entendido como el volumen de agua que puede ser extraído del acuífero sin generar condiciones indeseables que lo puedan afectar como fuente sostenible de abastecimiento de agua, el rendimiento seguro para los niveles acuíferos actualmente bajo explotación correspondería entonces, para la cuenca del río Chiticuy, al volumen que se recarga anualmente 33,84 m3 / año.

3.16. Recursos de agua subterránea del municipio de Duitama

Los estudios realizados en los acuíferos de porosidad secundaria son muy escasos y por lo tanto, se hace necesario realizar una evaluación hidrogeológica detallada, que permita establecer las posibilidades de los acuíferos de porosidad secundaria, como fuente de agua potable para la ciudad de Duitama.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



3.17. Cálculo del índice de escasez para agua subterránea (les)

Para calcular el índice de escasez para el agua subterránea se aplicó la metodología establecida por el MAVDT, en la Resolución No. 872 del 12 de Mayo del 2006:

$$les = \frac{\text{Caudal captado}}{\text{Caudal explotable}} = 0.28$$

Este resultado expresado en porcentaje sería el 28 %; de acuerdo con la escala de valoración dada por el IDEAM (1988), para las diferentes categorías del índice de escasez, la presión sobre el recurso de aguas subterráneas es media. Ello indica que es urgente reordenar la demanda y la oferta para prevenir futuras crisis en el suministro de agua potable para la ciudad de Duitama. Ello se puede hacer con una gestión integral del recurso, aplicando estrategias de protección de la oferta o de expansión de la misma, aprovechando otros acuíferos que se hallen en el área.

3.18. Plan de monitoreo y seguimiento

El monitoreo y seguimiento del acuífero debe iniciarse de inmediato y debe cumplir con los siguientes parámetros mínimos, niveles estáticos y dinámicos, mínimo una vez al mes, en todos y cada uno de los pozos existentes, caudales de explotación. Debe obtenerse un registro continuo de caudales en todos y cada uno de los pozos; muestreo para análisis físico químico, mínimo una vez al año; muestreo para análisis isotópico; deben tomarse muestras mensuales en todos y cada uno de los pozos y de agua lluvia de la cuenca del río Chiticuy y de cuencas aledañas (río Surba), durante un año; el muestreo debe hacerse con criterio técnico y científico y deben ordenarse análisis de Oxígeno 18 y de Hidrógeno -2.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se espera un progresivo crecimiento de los niveles de almacenamiento de agua superficial, si persisten los efectos de variabilidad climática tipo ENSO en su fase húmeda.

El principal acuífero que se halla bajo explotación en la actualidad corresponde a los niveles de arenas y gravas de los depósitos fluvio lacustres (Qpl) aprovechados por la mayoría de los pozos profundos, que actualmente extraen agua subterránea en el municipio de Duitama. Existen otros acuíferos susceptibles de aprovechamiento, en varias de las formaciones que poseen porosidad secundaria, destacándose por su gran extensión y zona de recarga el acuífero de la formación la Rusia.

El balance hídrico lleva a la conclusión de que la recarga es del orden de 33,8 x106 m3 anuales.

El índice de escasez, calculado indica que existe una presión media sobre los recursos de agua subterránea. Por lo tanto es necesario reordenar la demanda y la oferta para prevenir futuras crisis en el suministro de agua potable para la ciudad de Duitama.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



La Formación La Rusia constituye un acuífero de importancia hidrogeológica. En la actualidad no se está aprovechando dado que, hasta el momento no se ha considerado como tal. Este acuífero debe ser materia de evaluación, ya que puede constituir una fuente importante de aguas subterráneas para cubrir las futuras necesidades de la ciudad.

5. Referencias Bibliográficas

Sankarasubramanian y Vogel. (2002). Climate elasticity of stream flow in the United States.

Vogel, R. M. & Kroll, C.N. ((2002). Regional Geohydrologic-geomorphic relationships for estimation of low-flow statistics. Water Resources Res. 28(9), 1992, 2451 – 2458.

Thomas, H. A. (1982). Improved Methods for National Water Assessment. Report, Contract WR 15249270, US Water Resources Council, Washington D.C. USA.

Thomas, H. A., Marin, C. M., Brown, M.J. y Fiering, M. B. (1983). Methodology for Water Resources Assessment. Report NTIS 84- 124163, US Geological Survey, National. Springfield, Virginia, USA.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Atlas Climatológico Nacional – Distribución espacio – temporal de las variables del clima.

LA LAGUNA COMAGÜETA REGULADORA DEL CAMBIO CLIMATICO

Edwin Javier Duarte Gómez ¹, Alba Lucia Roa Parra ²

¹ Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación en Recursos Naturales, Pamplona, Norte de Santander, Colombia

² Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación en Recursos Naturales, Pamplona, Norte de Santander, Colombia

* E-mail Autor para correspondencia: edjadugo1@hotmail.com

Área temática: AGUAS

Resumen

La funcionalidad de la laguna es vital para el hombre y la regulación ambiental, pues ésta se convierte en fuente de agua, recarga de acuíferos y reservorios de diversidad biológica y cultural, entre otros. Además,





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



cumple un papel importante en las posibles respuestas al cambio climático, tales como el ciclaje de nutrientes, el almacenamiento de agua, la autodepuración de aguas contaminadas y la aminoración de inundaciones y sequías. La ausencia de conocimientos tecnológicos de los cultivadores de la Vereda Presidente del municipio de Chitagá, ha causado la pérdida del paisaje de la laguna Comagüeta, generando el aumento de la concentración de nitrógeno y fósforo en la misma, la disminución del oxígeno disponible, y ocasionando la eutrofización de la misma alterando gravemente el ecosistema. En este documento se presentará una revisión bibliográfica de la importancia de implementar una solución sostenible frente a los problemas de contaminación generados por los vertimientos de la industria acuícola en la Laguna y la relevancia de la conservación del ecosistema lagunar como zona de amortiguamiento del cambio climático local.

Palabras Clave: Ambiental, Desarrollo, Cambio Climático.

Abstract

The functionality of the lake is vital to humans and environmental regulation, as this becomes a source of water, recharge aquifers and reservoirs of biological and cultural diversity, among others. In addition, it plays an important role in the possible responses to climate, such as nutrient cycling, water storage, self-purification of polluted water and lessening of floods and droughts change. The lack of technological knowledge of farmers from the Path President of Chitagá's municipality, has caused loss Comagüeta lagoon landscape, generating increased concentration of nitrogen and phosphorus in the same, decreasing the available oxygen and causing eutrophication of it severely altering the ecosystem. This paper provides a literature review of the importance of implementing a sustainable solution to the pollution problems generated by the dumping of the aquaculture industry in the lagoon and the importance of preserving the lagoon ecosystem as a buffer zone local climate change will be presented.

Keywords: Environment, Development, Climate Change.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



INTRODUCCIÓN

Existen diversos factores que se deben tener en cuenta en el cultivo y producción piscícola: aspectos ambientales, técnicos, organizacionales y de gestión empresarial que no pueden manejarse de forma independiente, ya que hacen parte integral del desarrollo de la actividad.

Los impactos ambientales generados por la actividad acuícola deben ser identificados a lo largo del proceso productivo, intentando mejorar las prácticas de producción, diseñando sistemas preventivos que garanticen un mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales, de materias primas e insumos, con el fin de obtener beneficios ambientales, económicos y sociales.

Aunque hace algunos años se viene promoviendo la implementación de prácticas que contribuyan a mitigar los efectos negativos producidos por la acuicultura sobre el medio ambiente, éstas se ha dificultado por las limitantes económicas actuales, la resistencia al cambio y a invertir más allá de lo estrictamente necesario, además de las dificultades de acceder a tecnologías más limpias y a la dinámica del mercado en todos los niveles.

Es necesario trabajar la gestión ambiental conjuntamente con el proceso productivo, de tal forma que permita introducir y aplicar los conceptos de producción más limpia de forma integral, enfatizando en la prevención de la contaminación, en la minimización y el aprovechamiento económico de los residuos como principales opciones para reducir las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente.

Con la meta de proporcionar una solución sostenible frente a los problemas de contaminación generados por los vertimientos de los mismos en la Laguna Comagüeta, y la mitigación de los impactos negativos del cambio climático sobre la misma, se diseñará un sistema biológico para el tratamiento de efluentes de la industria acuícola, brindando un acompañamiento, asesoría y asistencia técnica para el mantenimiento del cultivo de trucha.

En este artículo se realizará la a revisión bibliográfica de los impactos de la industria acuícola en aguas superficiales y algunos antecedentes sobre la importancia del tratamiento de estas aguas para garantizar la conservación de los ecosistemas cuya dinámica natural permite la absorción de gases de efecto invernadero.

METODOLOGIA

Existen una gran cantidad de artículos y publicaciones científicas con respecto la industria acuícola y el impacto que esta causa al medio ambiente, pero, para esta revisión se resaltaré la importancia de su tratamiento para prevenir, corregir, mitigar o compensar los impactos ambientales negativos que





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



pueden derivarse de la actividad y que puedan afectar notablemente la respuesta adecuada del ecosistema lagunar al cambio climático.

Para la búsqueda bibliográfica, primero se utilizaron palabras clave generales y, posteriormente, se realizaron combinaciones de dichas palabras clave para obtener los artículos que se ciñeran al tema a tratar: acuicultura y su impacto en el medio ambiente

DESARROLLO Y DISCUSION

Usualmente, las actividades humanas producen cambios en los ecosistemas, los que, muchas veces, generan efectos adversos en el medio ambiente. En ese contexto la acuicultura, al igual que otras actividades económicas, usa y transforma los recursos en productos con un valor económico y social. Al hacerlo produce desechos que, a su vez, requieren de otros servicios ambientales para ser asimilados o reciclados (Beveridge et al., 1996). Por ello, el impacto sobre el medio ambiente emerge de estos tres procesos: el consumo de recursos, el proceso de transformación y la generación de productos

La intervención intensiva que generan las prácticas acuícolas va degradando el medio ambiente: primero por la utilización del agua que recibe grandes cantidades de desechos, como el alimento no consumido por los peces que sedimenta el fondo de los tanques de crianza; segundo porque se introducen antibióticos y sustancias químicas al ecosistema, necesarias para realizar la actividad y finalmente se genera una enorme cantidad de desechos en el proceso de faena del producto que muchas veces termina en los cursos de agua. A esto se agrega que una significativa porción de los nutrientes quedan disueltos en la columna de agua, produciendo fenómenos de eutrofización. Este impacto tiene un costo ambiental, económico y social y la pregunta que surge es: ¿esto es sustentable en el tiempo?

La demanda de agua y de espacio es imprescindible para el desarrollo de prácticas de acuicultura: la primera se usa como soporte para el cultivo de las especies acuáticas, dependiendo del tipo de organismos en cultivo como proveedora de oxígeno y otros nutrientes; y como reservorio para los elementos de desechos, los que pueden tener diversos efectos sobre el medio ambiente.

Otra de las formas a través del alimento no consumido y de los desechos de los peces que son altamente proteicos, situación acontecida en la Laguna Comagüeta: a través del alimento no consumido que es altamente proteico y a través de los desechos de los peces. Las investigaciones que se recopilan en este estudio han detectado que este último fenómeno está aumentando la cantidad de nitrógeno y fósforo de los sistemas acuáticos, disminuyendo el oxígeno disponible, generando eutrofización, estimulando la aparición de algunos organismos y la ausencia de otros, y alterando gravemente los ecosistemas acuáticos. Se ha estimado, que más del 60% del fósforo (P) y el 80% del nitrógeno (N), aportado por los





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



desechos de las especies cultivadas, termina, finalmente en la columna de agua (Pettersson, 1988) Estos cambios en la columna de agua incluirían alzas en los niveles de nutrientes (N y P); aumento de la materia orgánica disuelta; una reducción de la concentración de oxígeno disuelto; alteración del pH, de los niveles de conductividad y transparencia del agua (Buschmann, 2001).

La contaminación ambiental en cuerpos de agua que se ha presentado, obliga a buscar nuevas estrategias sustentables para solucionar la problemática. Con la finalidad de minimizar el impacto ambiental y contar con tecnologías económicamente rentables, se ha buscado el uso de distintos procesos de tratamiento.

Se han diseñado algunas plantas de tratamiento donde se ha evaluado la eficiencia en la depuración de agua residual acuícola de alevinos de trucha arcoíris y carpa común, el diseño consto de un filtro parabólico de mallas de 300mm, un filtro biológico (percolador), un filtro de arena, un filtro de carbón activado y una lámpara ultravioleta para desinfección, este proyecto se sitúo en el apoyo de las comunidades con escasez de agua, donde, con sistemas semicerrados de tratamiento de agua residual acuícola para su reuso, les permita establecer cultivos de peces con un éxito asegurado. (Gallego, et al, 2003)

Además, diferentes estudios se han llevado a cabo con el fin de evaluar el potencial de reciclaje de estos desechos por parte de otros cultivos. Este modelo de acuicultura integrada fue inicialmente presentado por Folke & Kautsky (Folke & Kautsky, 1992, y Kautsky et al., 1997). El modelo describe un sistema de policultivos con componentes biológicos interactivos, como peces - moluscos, filtradores – y algas, y su relación con escurrimientos terrestres. Este modelo conceptual simple, coloca a la acuicultura dentro de una perspectiva ecológica, donde los desechos de uno de los componentes son utilizados como recurso por otro de los componentes, reduciendo con ello los efectos ambientales e incrementando la producción de animales y algas

Además, de las partículas en suspensión, los peces eliminan al medio nutrientes disueltos (P y N). Hay consenso en que al menos entre 70 y 80% del total de nutrientes producidos por una granja de peces está disponible como potencial sustancia eutroficante (Persson, 1992)

Para recuperar el ecosistema de la Laguna Comagüeta y su actividad amortiguadora del cambio climático, se hace necesario realizar tratamientos de tipo primario (sedimentador) y secundario (algas) justificado por los antecedentes bibliográficos recopilados donde se muestra la presencia de nitratos y fosfatos que pueden ser posteriormente removidos por microalgas, con la consecuente producción de biomasa que puede ser utilizada como complemento nutricional para animales y el hombre (Salazar, 2006)





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



Scenedesmus sp y Chlorella sp representan microalgas de elección en la aplicación de procesos de biorremediación de aguas ricas en fosfatos y nitratos, debido al poder de remoción de estos compuestos en tiempos relativamente cortos. Lo anterior se evidenció por los resultados obtenidos donde se logró una remoción de nitratos del 60% y una remoción de fosfatos del 47%, a los ocho días del bioproceso. (Roa y Cañizares, 2012)

Las implicaciones del cambio climático global y las respuestas de los ecosistemas, pueden traducirse en desequilibrios económicos, en impactos directos sobre seres humanos como en el caso de la expansión de enfermedades infecciosas, además de inundaciones de terrenos costeros y ciudades, tormentas más intensas, la extinción de incontables especies de plantas y animales, fracasos en cultivos en áreas vulnerables, y aumento de sequías, etc.

Hoy somos testigos de los efectos del cambio climático, hemos podido presenciar climas extremos como calor y sequía, o lluvias e inundaciones que cobran la vida de millones de personas en todo el mundo; hemos sido testigos de fenómenos naturales extremos que han arrasado ciudades enteras; y vemos cada vez más ríos que se desbordan, suelos que se erosionan y lagos que se desecan.

Es necesario cuidar al máximo los recursos naturales, velar por la conservación de bosques y selvas, así como reforestar y recuperar grandes extensiones de vegetación que permitan una respuesta adecuada de los ecosistemas. Se debe frenar la contaminación de ríos, lagos y zonas costeras, para garantizar la conservación de los ecosistemas marinos cuya dinámica natural permite la absorción de estos gases.

CONCLUSIONES

El desarrollo sostenible de la acuicultura pasa por un buen entendimiento con el medio ambiente, respetándolo y realizando acciones que tiendan a disminuir los posibles impactos que se deriven de dicha actividad. Para ello, han de adoptarse medidas en la producción para no degradar el medio ambiente a su vez sean técnicamente apropiadas, económicamente viables y socialmente aceptadas.

El diseño de un sistema de tratamiento de aguas de la industria acuícola garantizará la continuidad de los cultivos de trucha, lo cual se traduce en sostenibilidad para la producción acuícola porque se previene y reduce al máximo la contaminación y sus molestias logrando mantener un balance ecológico satisfactorio y asegurar la protección del medio ambiente como amortiguamiento al cambio climático

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Beveridge, M.C.M. (1996). Cage Aquaculture. Second Edition. Fishing News Book, Oxford, 346 pp.

Buschmann, A. H. (2001). Impacto ambiental de la acuicultura el estado de la investigación en Chile y el mundo un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. Departamento de Acuicultura Universidad de Los Lagos Osorno, Chile.

Folke, C. & Kautsky, N. (1992). Aquaculture with its environment: prospects for sustainability. Ocean & Shoreline Management, 17, 5-24.

Gallego, I., García, D. & Díaz, C. (2003) Sistema de recirculación de agua para cría de alevín de Trucha arcoíris (*oncorhynchus mykiss*) y carpa común (*cyprinus carpio*)” Capitulo 7 Libro Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. RIPDA-CYTED.

Kautsky, N., Berg, H., Folke, C., Larsson, J. & Troell, M. (1997). Ecological footprint for assessment of resource use and development limitations in shrimp and tilapia aquaculture. Aquaculture Research, 28, 753-766.

Persson, G. (1992). Eutrophication resulting from salmonid fish culture in fresh and salt waters: Scandinavian experiences. En: Nutritional Strategies & Aquaculture Waste (C.B. Cowey & C.Y. Cho, eds.), University of Guelph Press, Guelph, Ontario, pp

Petterson, K. (1988). The mobility of phosphorus in fishfood and fecals. Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretish und Angewandte Limnologie, 23, 200-226

Roa, AL., Cañizares, R.O., 2012. Bioremediacion de aguas con fosfatos y nitratos utilizando Scenedesmus incrassatulus inmovilizado Bistua:Revista de la Facultad de Ciencias Básicas.2012.10(1):71-79

Salazar M., (2006) Aplicación e importancia de las microalgas en el tratamiento de aguas residuales. Contactos, 59:64-70

DESIGNING A MONITORING SYSTEM ON SITE OF PETROLEUM POLLUTION

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO IN SITU DE CONTAMINACIÓN POR DERIVADOS DEL PETRÓLEO





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Ing. Guillermo José Martínez Miranda. Investigador Principal, Profesor Tiempo completo ocasional, Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Cel.: 310 274 8891. e-mail: guillermomartinezmj@gmail.com

Ms. C. Juan Carlos Delgado Sanabria. Tutor, Director Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Cel.: 310 318 5101, email: jucadesa@hotmail.com

Palabras Claves: Sistema de monitoreo, petróleo, espectrometría, calidad de vida

Universidad de Pamplona

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140

Abstract: The system of in situ monitoring of petroleum products seeking easily detect misuse where petroleum and how often occurs. By having an affected area can take preventive measures and improve not only their own benefits but the quality of life of others. Spectrometry based project will demonstrate the way you want to work, some basic and in order to redefine a low-cost and guaranteed results for the benefit of the community steps.

Resumen: El sistema de monitoreo in situ de derivados del petróleo busca detectar fácilmente en donde se da mal uso a los derivados del petróleo y con qué frecuencia. Al tener una zona afectada se pueden tomar medidas de prevención y mejorar no solo los beneficios propios sino la calidad de vida de los demás. El proyecto basado en espectrometría demostrara la forma en la que se desea trabajar, algunos pasos básicos y en miras a replantear un sistema de bajo costo y resultados garantizados para el beneficio de la comunidad.

Keywords: Monitoring system, oil, spectrometry, quality of life.

1. INTRODUCCIÓN

En las ciudades principales del país se realiza el debido seguimiento de los aceites usados por parte del Fondo de Aceites Usados (FAU), incluyendo desde su recolección hasta el tratamiento del mismo para nuevos usos industriales, sin embargo para la región de los Santanderes solo se lleva a cabo en la ciudad de Bucaramanga, en consecuencia las demás ciudades y pueblos no cuentan con un sistema adecuado de pos consumo, y el uso que se le da a este derivado del petróleo puede llegar a ser para el medio ambiente uno de los factores más degradantes. (FAU, 2013)

Es de vital importancia tener en cuenta que factores pueden estar generando gases de efecto invernadero, residuos y consumo general de energía en el medio ambiente. Los derivados del petróleo obtenidos por la destilación de esta materia prima, hacen parte también de los compuestos más destructores del medio ambiente, por ejemplo, en el caso del aceite lubricante automotor, una gota





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



puede contaminar 1000 litros de agua y si se habla de suelos, se encarga de hacerle perder su fertilidad y capacidad de buenas cosechas (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, 2006).

En la región a estudiar, los campesinos utilizan este aceite quemado para deshacerse de una siembra a otra, el aceite se encarga de secar las siembras, hasta ese punto se ve productivo, pero el aceite alcanza a penetrar el suelo fértil y así dejándolo inservible con el paso del tiempo.

El sistema de monitoreo in situ de contaminación por derivados del petróleo detectara si en una zona de siembra en específico, caminos peatonales rurales y todo terreno en donde la lluvia pueda transportar los contaminantes, se está utilizando inadecuadamente algún derivado del petróleo, ya sea para secar madera, disminuir la cantidad de material particulado (polvo), o para reemplazar siembras. Por otra parte este sistema será portable y las pruebas pueden hacerse en el mismo lugar de la muestra, siendo un factor positivo que genera resultados inmediatos.

Considerando un estudio sobre el tema en una región en específico o bien en la más afectada, se puede llegar a posibles soluciones para el medio ambiente, frenar el impacto ambiental negativo que se esté generando y obtener resultados que garanticen el uso del sistema.

Marco teórico

La destilación del petróleo puede lograr gran variedad de derivados desde los más pesados y viscosos hasta los más volátiles. En este caso de estudio se enfocara a aquellos derivados que comúnmente son utilizados en automotores entre ellos los más conocidos, gasolina, aceite lubricante y A.C.P.M. entre otros. Estos productos también tienen un alto índice de contaminación en caso de no ser manipulados correctamente.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Internacional.

2.1.1. Espectrómetro infrarrojo portátil.

Un equipo de científicos de la Agencia Científica Nacional de Australia (CSIRO), ha desarrollado una técnica revolucionaria para la detección y cuantificación rápidas de hidrocarburos del petróleo en suelo firme, cieno, sedimentos, o roca.

Desarrollada en colaboración con la empresa australiana Ziltek Pty Ltd, la técnica hace ahora posible cuantificar la presencia de hidrocarburos del petróleo usando simplemente un espectrómetro infrarrojo



portátil para tomar lecturas en el sitio de interés, sin la necesidad de recoger muestras para trasladarlas a un laboratorio, ni de realizar algún tipo de procesamiento.

Figura 2. Espectrómetro infrarrojo utilizado en Australia.



Fuente: <http://www.amazings.com/ciencia/noticias>.

La técnica podrá ser usada para la prospección petrolera. También será útil para evaluar y monitorizar lugares contaminados, tales como terrenos costeros afectados por derrames de petróleo en aguas cercanas, y áreas industriales para las que se planea una reurbanización.

Los hidrocarburos del petróleo son recursos valiosos, pero, tal como nos recuerda Sean Forrester de la CSIRO, también pueden ser contaminantes medioambientales bastante nocivos. Son capaces de permanecer en el entorno durante periodos largos de tiempo y resultan potencialmente dañinos para vegetales y animales, incluyendo al Ser Humano. Contar con mejores herramientas para detectarlos hace posible una respuesta más rápida.

2.1.2. PublicLab (Laboratorio público de Costa del Golfo, EEUU.)

Hace tres años, durante el desastre de petróleo de la British Petroleum (BP), nuestra comunidad comenzó a desarrollar un kit para identificar la contaminación por hidrocarburos. El petróleo crudo se derramaba en tierra, en hojas, y hasta la fecha, no han hecho más que lavar regularmente en las playas a lo largo de la Costa del Golfo de Estados Unidos. Pero sin pruebas de laboratorio, era fácil para BP, negar la responsabilidad y difícil para los residentes de la costa, demostrar que la contaminación se estaba produciendo.

En todo el mundo, el petróleo y la contaminación de gas afecta a las comunidades de manera similar y la mayoría carecen de las herramientas básicas para medir la presencia de crudo, aceites de calefacción o el aceite de motor, que contienen Hidrocarburos aromáticos Poli cíclicos (HAP) cancerígenos.

Figura 3. Ejemplos de muestras



Fuente: publiclab.org/spectrometer.

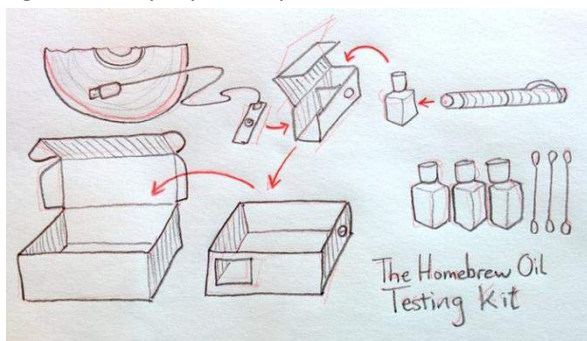
De izquierda a derecha: secado de aceite en las rocas en 2010, Costa de Luisiana, residuos de petróleo en el océano en 2010, Costa de Luisiana, fugas de petróleo a las orillas del río Mississippi, limpiando una rejilla de la calle, Luisiana.

Laboratorio Público (PublicLab) es una red abierta de colaboradores o personas que trabajan juntos para inventar técnicas de código abierto asequibles para medir la contaminación del medio ambiente.

2.1.2.1. El kit.

El kit se basa en nuestro espectrómetro de código abierto y utiliza un (Blu-Ray) láser ultravioleta para causar un brillo fluorescente de muestras diluidas contaminadas. Se miden y se grafican los colores emitidos y se busca familiarizar los resultados con muestras contaminadas de petróleo.

Figura 4. Kit propuesto por colaboradores de PublicLab.



Fuente: publiclab.org/spectrometer.

El kit en sí, incluye los suministros para la recogida, la preparación y las muestras de exploración, incluyendo los frascos de muestra y un poco de aceite de oliva como una muestra de prueba de seguridad, ya que el aceite de oliva es fluorescente de manera similar a los residuos de petróleo crudo.

Actualmente, la lista de piezas incluye:

Una cámara web USB

Un marco de cartón plegable.

Una caja de cartón de muestreo para protección de la luz.

Un DVD-R para su uso como una rejilla de difracción.

Un "banco óptico" rígido para mantener sus componentes en su lugar. Una alta resolución impresa de rendija óptica para formar un haz de luz.

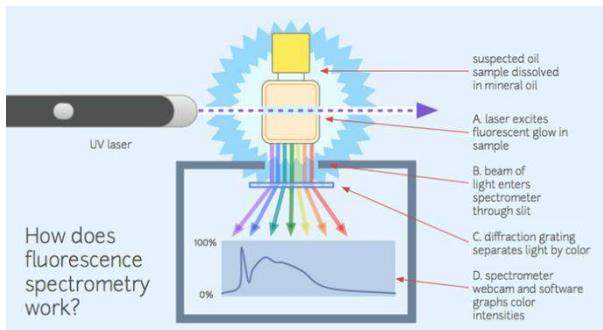
Frascos de muestras llenas de aceite mineral (para disolver las muestras)

Hisopos de algodón y guantes de goma

Una luz ultravioleta "blu ray" o lápiz láser.

Clips surtidos y hardware de montaje

Figura 5. Funcionamiento de la espectrometría.



Fuente: publiclab.org/spectrometer.

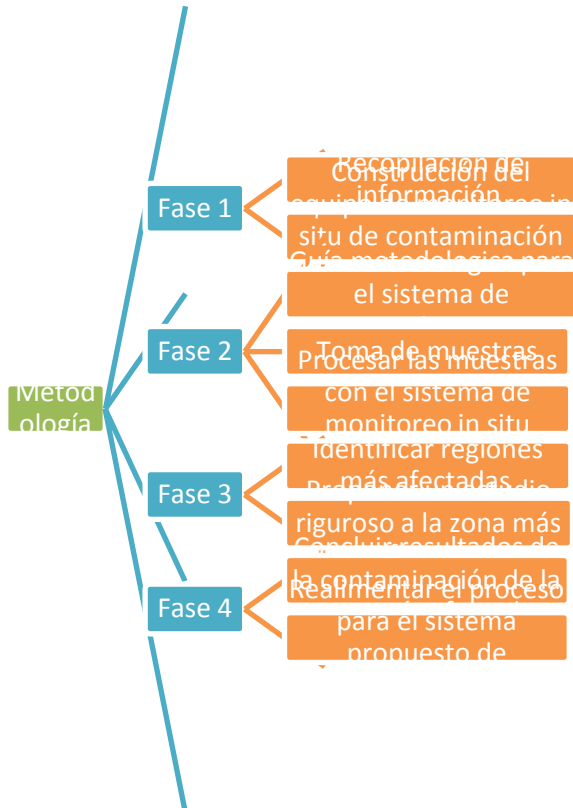
3. METODOLOGIA

El proyecto se llevara a cabo en cuatro fases principales donde cada una de ellas cumplirá cada uno de los objetivos específicos. A continuación se muestra el esquema general planteado para el desarrollo del proyecto.

Figura 6. Metodología propuesta.



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Fuente: Autor.

3. RESULTADOS ESPERADOS

A continuación se desglosan los resultados esperados del proyecto en beneficios y repercusiones ante la sociedad especialmente académica y agropecuaria.

Técnica de muestreo en suelos, cantidad de puntos de muestreo por un área determinada.

Fluorescencia generada en la prueba o incidencia de la luz ultravioleta para demostrar la presencia de derivados del petróleo.

Interpretación de espectros de luz con la intensidad de un color determinado medida en porcentaje.

Guía metodológica, pasos para detectar derivados del petróleo en suelos con el sistema propuesto.

Para los impactos sociales se desea reducir el impacto ambiental generado y aumentar beneficios para la salud de los consumidores.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Cambio de costumbres para secado de siembras y material particulado, ahorro de materias primas; hablando de costos para las personas que manejan campos de siembra.

Ganancias para los sembradores debido a las cosechas abundantes por la fertilidad del suelo libre de derivados del petróleo.

Planificación de decisiones preventivas al deterioro de suelos y cambio de producto para reemplazo de siembras, mejorando la productividad.

Uso de mecanismos sostenibles para producción de alimentos, mejorando la competitividad.

Referencias Bibliográficas.

CASTRO, Varela Gustavo, INFORME FINAL DISEÑO MONITOREO FRENTE DERRAMES DE HIDROCARBUROS, Gobierno de Chile, Santiago de Chile, 2007.

PRIETO, Vicente, LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR HIDROCARBUROS: UN ENFOQUE PARA ABORDAR SU ESTUDIO, Instituto Nacional de Higiene, Cuba, La Habana, 1999.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Manual Técnico para el manejo de aceites lubricantes usados, Convenio 063 de 2005, Gobierno de Colombia, 86P, 2006.

FONDE DE ACEITES USADOS (FAU), Asociación Colombiana del Petróleo, Combustibles y lubricantes, 2013, página web: <https://www.acp.com.co/index.php/es/combustibles-y-lubricantes/fondo-de-aceites-usados-fau>.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C., 2004. Protocolo Distrital de Primera Respuesta a Incidentes por Derrame y/o Fuga de Hidrocarburos. Colombia, Comité Operativo Distrital De Prevención Y Atención De Emergencias, Bogotá D.C., 28P.

JAMES, John, Spectrograph Design Fundamentals, Cambridge University Press Editorial, Reino Unido, 2007.

ÁLVAREZ-CAMPANA Gallo, J.Manuel, 2001. Curso Sobre Contaminación de Suelos y Aguas Subterráneas: Contaminación del Suelo Debida a Procesos Industriales. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia, 12P. ASTDR, 1998. Reseña Toxicológica de los Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH). Atlanta, EE.UU., Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



PEMEX. Diccionario de Términos de Pemex Refinación. 1ra Ed., México, Petróleos Mexicanos, 36, 70, 110, 138,172, 184P, 1999.

SERMANAT, 2003. NOM-138-SERMANAT/SS-2003. Límites Permisibles de Hidrocarburos en Suelos as Especificaciones para su Caracterización y Remediación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, 4-5P.

SÁNCHEZ Salguero, Carlos Alberto. , 2006. Manual De Intoxicaciones: Intoxicación Por Hidrocarburos. Publicaciones del Grupo de Trabajo de Intoxicaciones. Barcelona, España, Capitulo 15, 1-3P.

THOMAS J. Bruno, Paris D. N. Svoronos. CRC Handbook of Fundamental Spectroscopic Correlation Charts. CRC Press, 2005..

CONTROL DE EROSIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE COBERTURA VEGETAL EN 49 M² DE SUELO DEGRADADO EN EL EFECTO DE BORDE DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA UFPS OCAÑA.

Juan David Herrera Galviz^{1*}, José Arnoldo Granadillo Cuello²

1: Estudiante Investigador. Grupo de Investigación GI@DS, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña, Colombia.

2: Docente Investigador. Grupo de Investigación GI@DS, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña, Colombia.

* E-mail Autor de correspondencia: jdherrera@ufpso.edu.co

Resumen

El Bosque Seco Tropical como ecosistema, ofrece múltiples servicios ambientales, pero actualmente se encuentra en peligro de extinción a causa de las distintas intervenciones de origen antrópico. El presente trabajo se enfoca en la recuperación de coberturas vegetales en el efecto de borde del remanente de Bs-T, presente en el campus Algodonal de la UFPS Ocaña. Para ello se seleccionó un área de 49 m², en la cual se realizaron acciones de adecuación del sistema hidráulico, labranza, homogenización, fertilización y riego con el fin de establecer 3 especies seleccionadas, según los requerimientos de la misma. Como resultado se obtuvo el establecimiento de cobertura vegetal en el área de estudio, tanto de las especies seleccionadas, como de 16 especies más que surgieron de forma imprevista, deteniendo así los procesos





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



erosivos que se evidenciaban en esta, y contribuyendo, con una metodología que se puede replicar en futuras acciones de restauración ecológica en este importante ecosistema.

Palabras Clave: Procesos erosivos, Bosque Seco, restauración ecológica.

Área temática: Suelos

Abstract

Tropical dry forest as an ecosystem, offers multiple environmental services, but is now endangered due to different anthropogenic interventions. This work focuses on the recovery of plant cover on the edge effect of the remaining B-T, present in the campus Algodonal UFPS Ocaña. For this purpose an area of 49 m², which shares adequacy hydraulics, farming, homogenization, fertilization and irrigation in order to establish three species selected were performed according to the requirements of the same was selected. As a result the establishment of vegetation cover was obtained in the study area, both of the target species, as 16 other species that arose unexpectedly, stopping the erosion processes that were evident in this, and contributing to a methodology It can be replicated in future ecological restoration actions in this important ecosystem.

Keywords: Erosion, dry forest, ecological restoration.

INTRODUCCIÓN

Los bosques secos en Colombia se ubican entre los rangos de precipitación de 1000 a 2000 mm anuales, principalmente en las depresiones interandinas como los valles del Magdalena, Cauca-Patía, Cesar, y Atrato, en donde la acidez y baja fertilidad de sus suelos, son la limitante principal de este ecosistema. Este ecosistema aprovisiona de múltiples bienes y servicios a la población asentada principalmente en sus alrededores (Instituto Humboldt, 2014). El 54.2 % del Bosque Seco a nivel mundial se encuentra en Suramérica (Miles et.al., 2006, Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010), siendo la principal causa de degradación de este, la conversión en zonas agrícolas de las áreas que ocupa dicho ecosistema (Arcila et.al., 2011). El estado de conocimiento del bs-T en Colombia es pobre, puesto que son escasos los lugares donde existen inventarios de flora y fauna completos. La información existente es fragmentada y el conocimiento de la historia natural y dinámica del bosque es poco (Instituto Humboldt, 1997, Citado por Yepes y Villa, 2009). Sin embargo los pocos estudios que se tienen acerca de este bioma, apuntan al uso de especies de ciertas familias como la Araceae, Zingiberaceae, Costaceae y algunas Poaceae, que pertenecen al sotobosque y que por su rápida propagación, altas tasas de crecimiento, resistencia a la degradación del bosque y su capacidad de provisión de alimentos a la fauna, deben ser incluidas en procesos de restauración de este ecosistema (Instituto Humboldt, 2014).

En Ocaña Norte de Santander, el ecosistema se encuentra ubicado en la parte media norte del municipio, en donde la expansión de la frontera agropecuaria es su principal amenaza. Específicamente en el campus universitario de la sede algodonal de la UFPS Ocaña, el remanente de bosque seco





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



presente, se ha visto afectado por las actividades agropecuarias de la Granja Experimental de la misma. Pero, desde el año 2014 se viene consolidando el proyecto jardín botánico, el cual pretende conservar este remanente, y dentro de dicho fin, se contemplan la ejecución de acciones de restauración de las áreas degradadas que interrumpen la conectividad del mismo. Es por ello que el principal objetivo de este trabajo es recuperar las coberturas vegetales en una de estas áreas, que marcan significativamente el efecto de borde sobre el remanente anteriormente mencionado, permitiendo a mediano y largo plazo la rehabilitación y restauración ecológica de la misma y el establecimiento de una metodología para lograrlo, que se pueda replicar en otras áreas afectadas, ya sea del mismo Bosque Seco de la UFPS Ocaña o de cualquier otro remanente de la provincia de Ocaña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es aplicada, de tipo y diseño experimental.

Fase 1. Caracterización:

Se seleccionó el área de estudio, la cual corresponde a 49 m² de suelo degradado en el efecto de borde del Bosque Seco presente en el campus de la UFPS Ocaña ubicado en las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: Autores

Punto	Coordenada Elipsoidal SRC WGS 84	Coordenada Plana SRC Magna Sirgas Colombia Bogotá Zone
1	Latitud	1403161.646 Norte
	Longitud	8°14'27.90"N (m)
2	Latitud	1083649.419 Este
	Longitud	73°19'5.90"O (m)
3	Latitud	1403154.886 Norte
	Longitud	8°14'27.68"N (m)
4	Latitud	1083649.432 Este
	Longitud	73°19'5.90"O (m)
		1403157.947 Norte
		8°14'27.78"N (m)
		1083643.305 Este
		73°19'6.10"O (m)
		1403164.706 Norte
		8°14'28.00"N (m)
		1083643.292 Este
		73°19'6.10"O (m)

Con el área delimitada, se procedió a identificar el tipo de erosión presente, y a tomar 4 muestras de suelo para análisis de propiedades físicas y químicas del mismo, midiéndose así textura, % de materia





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



orgánica y cantidad de algunos elementos menores y mayores, así como pH e infiltración.

Adicionalmente se realizó medición de pendiente y prueba de escorrentía.

Fase 2. Preparación del Terreno:

Se adecuó el sistema hidráulico del área, para lo cual se realizó una zanja de coronación en la parte más pendiente de la parcela, que correspondía a su lado sur. Luego se procedió a realizar una labranza hasta llegar a 40 cm de profundidad en promedio, con el fin de analizar los efectos, si se superaba lo recomendado, que es 20 cm de profundidad. Después de la labranza, se continuó con el proceso de homogenización del suelo en donde se realizaron unos surcos en contra de la pendiente para remover el suelo y verificar la profundidad de labranza que se requería. Estos surcos permitieron a su vez realizar las labores de fertilización ya que el abono era agregado en el espacio entre surcos, y así se facilitó la mezcla de suelo y abono. Cabe resaltar que la cantidad de abono agregado fue de acuerdo a los requerimientos del suelo, según los resultados de los análisis realizados en la fase de caracterización, los cuales fueron desarrollados en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Se resolvió entonces agregar 24 Kg/m² de abono. El abono fue suministrado casi en su totalidad, por la Granja Experimental de la Universidad. Además, 5 días antes de la siembra de las especies, se realizó una hidratación del terreno.

Fase 3. Establecimiento de las Especies Vegetales a utilizar:

Las especies utilizadas se seleccionaron a partir de los requerimientos del suelo, y utilizando el STDF de CORPOICA, el catálogo de plantas de Colombia y el Libro de Bosque Seco del IAVH. A partir de esto se descartaron algunas especies, de acuerdo a la disponibilidad para conseguir semillas de las mismas, resultando 3 especies seleccionadas, que son las siguientes:

Tabla 2. Características de las Especies Seleccionadas. Fuente: STDF Corpoica

Característica	Centrosema	Pueraria	Canavalia
a	a	phaseoloid	ensiformes
	macrocarpum	es	





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Suelos	En general requiere suelos bien drenados de media a alta fertilidad, pueden adaptarse a suelos ácido de baja fertilidad.	Habita en áreas abiertas, generalmente suelos secos y de baja fertilidad. pH 5.0-7.0	Crece en suelos de baja fertilidad. No tolera salinidad. pH 5.0-7.0
Altitud	0-1600	0-1800	0-2000
Temperatura	18-27°C	17-27°C	16-27°C
Precipitación	900-2400mm/año	600-1200mm/año	2000mm/año
Luz	Puede persistir bajo 80% de sombra	Tolera poca sombra	Tolera la sombra
Origen	Propia de América Central y el norte de América del Sur.	Indias occidentales y América tropical.	Probable, la India y Centroamérica.
Usos	Cobertura de suelos, pastoreo en praderas mixtas.	Pastoreo, especie fijadora de nitrógeno, recuperación de suelos.	Forraje, abono verde cultivo de cobertura





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Dichas especies fueron sembradas, usando un método de surcos a favor de la pendiente, distanciados 50 cm entre cada uno. Sembrándose *Canavalia ensiformes* en los surcos externos de la parcela, y en los surcos internos se intercaló la siembra de *Pueraria phaseoloides* y *Centrosema macrocarpum*. Posterior a la siembra, se implementó un sistema de riego por aspersión, estipulándose ½ hora de riego cada día, después de las 5:00 p.m.

Fase 4. Evaluación:

Esta fase estuvo comprendida por el monitoreo de las especies, mediante la medición de crecimiento y los parámetros de poder germinativo, energía germinativa, estado de sanidad y estado de sobrevivencia, todas las semanas, durante 6 semanas. Por último, con los datos de crecimiento, se realizó en el software Excel, el Análisis de Varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la caracterización se pudo obtener que el suelo presentaba una erosión de tipo laminar, con nula vegetación en el sitio seleccionado, aunque se podía distinguir algunas especies de arbustos característicos de bosque seco en los alrededores del área de estudio. La infiltración de agua por parte del terreno, estaba dentro del rango normal que es de 0,18 ml/s. La textura de este tipo de suelos es arena arcillosa, con un pH de 5.6 y una conductividad de 0.072 mmhos/cm, arrojando además un 0.6% de materia orgánica, 4.1 cmolc kg⁻¹, 1.8 cmolc kg⁻¹, 0.97 cmolc kg⁻¹, 0.22 cmolc kg⁻¹ y 0.03 cmolc kg⁻¹, de Aluminio, Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio respectivamente. Además, la capacidad de Intercambio Catiónico, el fósforo, el azufre, el hierro, el manganeso, el cobre y el zinc, reportaron los siguientes valores: 7.1, 7 mg kg⁻¹, 7 mg kg⁻¹, 30 mg kg⁻¹, 17 mg kg⁻¹, 1 mg kg⁻¹, 1 mg kg⁻¹ respectivamente. Lo anterior nos indica que se puede apreciar un pH bastante ácido. El porcentaje de materia orgánica es bajo con respecto al ideal, siendo la cantidad de Calcio (Ca), Fósforo (P) y Potasio (K) bastante bajas en comparación con el rango adecuado, mientras Magnesio (Mg) y azufre (S) se encuentran en el rango ideal. Por su parte la cantidad de Manganeso (Mn) Y hierro (Fe) son bastante altas considerando el rango ideal de cada uno de estos elementos. Sin embargo el Zinc (Zn) y el Cobre (Cu) se encuentran próximos al rango bajo, ya que las cantidades de estos dos elementos se encuentran por debajo del rango ideal. Por otro lado, se tomaron los datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica automática, perteneciente a CORPOICA y ubicada a 14 km de distancia hacia el norte del área de estudio.

Las acciones de control del sistema hidráulica de la parcela delimitada como área de estudio, así como la labranza, fertilización y homogenización del terreno de la misma, permitieron el establecimiento de las 3 especies.

La especie de *Centrosema macrocarpum* resaltó entre las 3 seleccionadas debido a su carácter de nativa. Esta especie presentó germinación desde la primera semana después de la siembra, aunque eran algunas pocas semillas las que empezaron a germinar. Dentro de la información suministrada por el proveedor de la semilla, se reportó el 98% de pureza de las semillas y el 78% de poder germinativo, sin embargo debido al crecimiento de la especie en la parcela, se puede determinar visualmente, que el





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



porcentaje de germinación fue mayor, debido a la densidad de plántulas germinadas y en crecimiento. Fueron sembradas aproximadamente 38870 semillas de la especie. Con respecto al porcentaje de sobrevivencia, fue del 100% debido a que no se detectó ninguna semilla no germinada o que germinarán y posteriormente no sobreviviera. El estado sanitario de la especie fue del 100% de individuos sanos, debido a la no presencia de plagas y/o enfermedades reflejadas en los daños en sus estructuras. Por su parte como energía germinativa, se observó que el 80% de las semillas germinaron a los 15 días a partir de la siembra. Su crecimiento fue sorprendente al igual que el de las otras dos especies, puesto que durante las 4 primeras semanas era bastante lento alcanzando máximo los 7 cm de altura en la mayoría de sus plántulas, pero a partir de la dos últimas semanas de monitoreo, esta especie alcanzó los 16 cm de altura.

La especie de Pueraria phaseoloides presentó germinación a principios de la segunda semana después de la siembra, aunque eran algunas pocas semillas las que empezaron a germinar. Dentro de la información suministrada por el proveedor de la semilla, se reportó el 98% de pureza de las semillas y el 78% de poder germinativo, sin embargo debido al crecimiento de la especie en la parcela. Fueron sembradas aproximadamente 41896 semillas en el área de estudio. Con respecto al porcentaje de sobrevivencia, fue del 100% debido a que no se detectó ninguna semilla no germinada o que germinará y posteriormente no sobreviviera. El estado sanitario de la especie fue del 100% de individuos sanos, debido a la no presencia de plagas y/o enfermedades reflejadas en daños en sus estructuras. Por su parte como energía germinativa, se consideró que el 80% de las semillas germinaron a los 15 días a partir de la siembra. Al igual que la anterior especie, esta presentó un crecimiento lento, con la diferencia que dentro de las primeras 4 semanas, la altura máxima alcanzada por la mayoría de sus individuos fue de 4 cm, y a partir de las dos últimas semanas de monitoreo, la altura máxima alcanzada fue de 18 cm.

Canavalia ensiformes inició su germinación a los tres días después de la siembra. El poder germinativo de la semilla fue del 104%, debido a que germinaron la totalidad de las 87 semillas sembradas y adicionalmente, germinaron 4 semillas más las cuales no fueron sembradas, por lo que se asume, estaban presentes en el abono aplicado al terreno. Con respecto al porcentaje de sobrevivencia, fue del 95,4%, correspondiente a 83 semillas de las 87 sembradas, que sobrevivieron. El estado sanitario de la especie fue del 100% de individuos sanos, debido a la no presencia de plagas y/o enfermedades reflejadas en daños en sus estructuras. Sin embargo, se pudo constatar que esta especie, establecida como control biológico para hormigas, cumplió su función ya que sus hojas se encontraron con daño, debido a la remoción de algunas de sus partes, por hormigas las cuales las utilizaron para alimentarse. Por su parte como energía germinativa, se consideró que el 100% de las semillas germinaron a los 5 días a partir de la siembra. Resalta su acelerado crecimiento, el cual durante las primeras 4 semanas alcanzó los 16 cm de altura máxima y al finalizar las dos últimas semanas de monitoreo, esta alcanzó los 37 cm de altura en la mayoría de sus individuos.

Es evidente el acelerado crecimiento de las 3 especies a partir de la cuarta semana de monitoreo, y esto se debe a que en ese momento la estación meteorológica nos reporta lluvias contantes, lo que permitió la activación de los nutrientes presentes en los abonos agregados al suelo, lo que no se pudo alcanzar





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



con el riego, el cual también fue constante durante las 4 primeras semanas. Adicionalmente a partir de la 3 semana de monitoreo, empiezan a aparecer ciertas especies, en su mayoría pioneras del ecosistema que fueron incentivadas debido a la labranza del terreno. Se resalta que dentro de estas especies que surgieron de forma imprevista, solo la especie de Sorghum no es pionera, debido a que esta se cultiva en la Granja de la UFPS Ocaña y se estableció, porque ciertas semillas de la misma, venían en el abono utilizado. Las especies no previstas crecieron de forma acelerada, superando las alturas de las especies seleccionadas y establecidas mediante siembra, con las cuales se asociaron muy bien. Estas especies no previstas son:

Tabla 8. Especies no previstas germinadas. Fuente: Autores

Familia	Especie
Amaranthaceae	Amaranthus dubius Amaranthus spinosus
Asteraceae	Sonchus oleraceus Galinsoga sp
Astereae	Baccharis sp
Euphorbiaceae	Euphorbia sp
Fabaceae	Bauhinia forficata
Geraniaceae	Geranium sp
Oxalidaceae	Oxalis purpurea
Poaceae	Eleusine indica Sorghum sp Oplismenus sp
Portulacaceae	Portulaca oleracea
Solanaceae	Cestrum sp Solanum sp

CONCLUSIONES

Se pudo establecer en la totalidad del área de estudio las 3 especies seleccionadas que en combinación con 16 especies que germinaron en el lugar de forma imprevista, lograron recuperar la cobertura vegetal del terreno, deteniendo así los procesos erosivos. Cabe resaltar que el proceso de labranza intensivo, así como la cantidad de abono adicionada al terreno en combinación con las lluvias a partir de la 4 semana de monitoreo, permitieron que las especies seleccionadas y las especies no previstas, aceleraran su crecimiento de forma impresionante, alcanzando alturas bastante considerables.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Artículos de revistas:

Arcila-Cardona, A. M. et.al. (2012). Estado de fragmentación actual del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 13, 86 – 101.

Portillo-Quintero, C. A., & Sánchez-Azofeifa G. A. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143, 144 – 155.

Yepes, A. P., & Villa, J. A. (2010). Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical (La Pintada, Antioquia). *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2), 24-34. Citado el 27 de septiembre de 2015, de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492010000200004&lng=en&tlng=es

Libros:

Pizano, C. & García, H. (Editores). (2014). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Instituto Alexander Von Humboldt (IAVH), Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental (GEMA). *El bosque seco tropical en Colombia*. Bogotá: El Instituto, 1997. 24 p.

AVANCES EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA ROBÓTICO APLICADO A CONSTRUCCIONES AMBIENTALES

Cristhian Riaño ¹, César Peña ^{1*}, Uriel Rivera ²

1: Programa de Ingeniería Mecatrónica, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia

2: Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia

* cesarapc@unipamplona.edu.co

Resumen

En este artículo se propone el uso de sistemas robotizados remotos para la plantación y mantenimiento de cultivos urbanos implementados en techos, azoteas, fachadas y paredes de edificaciones. El sistema robótico busca evitar el riesgo que puede conllevar el mantenimiento por parte de los operarios de estos cultivos al encontrarse a alturas considerables. De igual forma busca mejorar las condiciones de mantenimiento de los cultivos basándose en un control mixto que integra las tareas planeadas por el usuario y la información de humedad, luminosidad y temperatura captura por los sensores. El sistema robotizado cumple funciones de siembra, riego, fumigación, desyerbado y recolección de frutos.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



También se presenta un resumen del impacto ambiental que se genera al implementar este tipo de sistemas.

Palabras Clave: Tecnología Verde, Cultivos Urbanos, Robotica, Teleoperación.
Área temática: Construcciones Ambientales.

Abstract

In this paper the use of remote robotic systems for planting and maintenance of urban farming implemented in ceilings, roofs, facades and walls of building is proposed. The robotic system seeks to avoid the risk that can lead to the maintenance by the operators of these crops to be at considerable heights. Similarly seeks to improve the maintenance of crops based on a mixed control that integrates the tasks planned by the user and the information of humidity, light and temperature captured by the sensors. The robotic system serves for planting, irrigation, fumigation, weeding and picking of fruits. A summary of the environmental impact generated by implementing this type of system is also presented.

Keywords: Green Technology, Urban Farming, Robotics, Teleoperation.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el factor ambiental es uno de los ítems más examinados a la hora de plantear cualquier tipo de proyecto. La sociedad cada día toma con mayor responsabilidad sus acciones con respecto al impacto que puede producir o generar al medio ambiente. Este tema abarca desde la instalaciones industriales (Insu y Crittenden, 2015), educativas, hoteleras (Subbiah y Kannan, 2011) hasta el diario vivir de los individuos de la sociedad. Se ve como los ciudadanos apropian la cultura del reciclaje, son más consientes al recolectar y llevar a sitios más idóneos los desechos que causan impactos negativos incluso en basureros, como es el caso de la baterías, los celulares o electrodomésticos obsoletos, e incluso las bombillas ahorradoras de energía que contiene mercurio y otros elementos altamente contaminantes.

El sector de la obras civiles no es ajeno a esta iniciativas. De forma constante se buscan nuevos materiales que contribuyan de forma positiva con el medio ambiente, el diseño de las edificaciones pretende aprovechar las corrientes viento, la iluminación para evitar o disminuir el uso de aires acondicionados (Aboul et.al., 2014). Algunas edificaciones integran tecnologías de energías renovables como la solar y la eólica, otras involucran la captura y recolección de aguas lluvias o la recirculación del agua potable usada para fines secundarios (Wei et.al., 2011), (Yie et.al., 2009).

El pensamiento ecológico que se tiene en las ciudades, se extiende a diversos tipos de aplicaciones, no solo son las casas y los edificios, se tienen las vías verdes (Xiangxiao 2013), los paraderos ecológicos, los





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



autobuses con jardines en el techo (Plaskoff, 2014), la generación de oasis en regiones áridas (Xingzhou et.al., 2011), entre muchos otros.

Una idea que esta causando gran acogida es la implementación de cultivos urbanos, estos además de disminuir los índices de contaminación y aumentar la producción de oxígeno sirven para generar ambientes estéticamente muy agradables e incluso en algunos casos son aprovechados para cultivar hortalizas, plantas aromáticas, pequeños tubérculos y algunas frutas en otros. En este último caso en grandes ciudades cuentan con una ventaja y es que brindan a sus usuarios productos muchos más frescos al no tener que ser transportados grandes distancias.

Con el fin de apoyar el desarrollo de los cultivos urbanos en edificaciones, este proyecto propone el uso de sistemas robotizados que sirva de apoyo para la siembra y mantenimientos de los mismos. Debe tenerse en cuenta que algunos de estos cultivos se encuentran en fachadas, terrazas y techos a alturas considerables, lo cual es un riesgo para los operarios que están dedicados a su conservación. De igual forma debido al restringido acceso que este tipo de cultivos comprende, su mantenimiento no suele realizarse de forma continua o bajo las condiciones ideales, lo que disminuye sus proliferación.

En el caso de utilizarse sistemas robóticos de operación remota, se podría plantear una programación más idónea y regular de las tareas de mantenimiento que los cultivos implican y de forma simultanea, reducir los riesgos que esto conlleva.

Este artículo esta organizado de la siguiente manera: en la sección dos se presenta una descripción general del sistema robotico implementado para el mantenimiento de los cultivos en edificaciones y el impacto ambiental que generan. En la sección 3 se ilustran los resultados preliminares obtenidos. Por último se plantean las conclusiones obtenidas.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA ROBÓTICO

Descripción.

El sistema propuesto esta basado en la teleoperación de un robot antropomórfico de 5 grados de libertad como actuador principal. Al ser un dispositivo de operación remota, su sistema de control se dispone de dos zonas: la local y la remota.

En la figura 1, se pueden apreciar los elementos involucrados en las dos zonas. En la zona local se encuentran: el usuario quien se encarga de operar el robot o de generar las tareas que desea que el robot realice, el sistema de control es implementado en un computador personal, la interfaz gráfica por medio de la cual el usuario opera el robot de forma intuitiva y realiza la planificación de tareas para un



lapso de tiempo específico y el número de repeticiones, por último se encuentra el sistema de comunicaciones que permite enviar la información hasta la zona remota.

El sistema de comunicaciones puede ser alámbrico o inalámbrico, dependiendo de las necesidades del usuario y de los costos que este dispuesto a realizar para adquirir el sistema. En el caso que se opte por la opción inalámbrica, esta se basa en una comunicación usando el protocolo universal de datagramas (UDP), por lo cual se podría operar desde un computador, tabla o dispositivo móvil.



Figura 1 Zonal local y remota del sistema

En la zona remota se encuentran: la edificación donde se realiza el cultivo (terrace, fachada, techo, etc.), el robot antropomórfico de 5 grados de libertad, cámaras, las herramientas que puede tomar robot para realizar las diferentes tareas tales como la poda, la siembra, el riego, la fumigación, el desyerbado y la recolecta de frutos. También se pueden encontrar en esta zona las electroválvulas que permite el suministro de fluidos (agua, fertilizantes, insecticidas). Dado que el usuario no se encuentra en la zona remota se instalaron algunos sensores de luminosidad, humedad, nivel y temperatura con el fin de retroalimentar al mismo. Por último se encuentran los tanques de almacenamiento de los líquidos. Una de las recomendaciones es el almacenamiento del tanque del agua con la recogida de la lluvia por medio de las canales de la edificación.

Las construcciones ambientales más comunes en las ciudades densamente pobladas corresponde a los cultivos urbanos, dentro de los cuales los que se destacan son: los cultivos en techos, en azoteas y en fachadas o paredes (cultivos verticales). Para este tipo de cultivos se a propuesto el uso de este sistema robotizado, ver Figura 2.

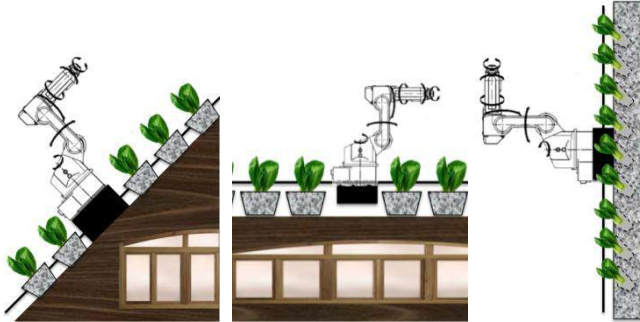


Figura 2 Cultivos Urbanos en Edificaciones Ambientales

Impacto Ambiental.

Los impactos que puede generar la utilización de robots en el mejoramiento de la agricultura y sobre todo en la vertical, que se utiliza hoy en día como jardines verticales y cubiertas verdes en las ciudades, se pueden clasificar en dos tipos: impactos positivos dentro de los cuales se pueden encontrar la manera como se optimiza el consumo de bienes y servicios para la producción, como lo es el uso eficiente y ahorro del agua, la optimización en la utilización de macro y micro nutrientes, la aplicación de pesticidas, ya que ellos poseen un sistema que permite determinar los periodos en los cuales los cultivos requieren de alguna aplicación.

Además se evitan accidentes laborales, ya que estos se manipulan desde un servidor donde el operario solo programa las funciones a realizar y le hace un seguimiento, se debe tener en cuenta que es construido casi en su totalidad con material reciclable por lo que de esta forma disminuye la contaminación en el planeta. Por lo anterior se demuestra que este sistema es más eficiente tanto económicamente como ambientalmente, dado que se reduce el gasto, compra de bienes y servicios para dar cumplimiento a todos los procesos de producción agrícola urbana.

RESULTADOS PRELIMINARES

En esta sección se presentaran los resultados obtenidos en torno a la construcción y ensamble del robot. En la figura 3 se ilustra el modelo asistido por computador (CAD) del robot.

Por medio de este modelo se pudo hacer un análisis minucioso del comportamiento mecánico del robot, permitiendo verificar el espacio de trabajo, los límites de los movimientos articulares definidos por colisiones, las cavidades donde se alojan los motores además de las consideraciones de cableado, ensamble y desensamble.



Figura 3 Modelo CAD del robot

En la figura 4 se muestra el robot completamente ensamblado. A este se le hicieron las pruebas de puesta a punto y se realizo la implementación de los planificadores de trayectorias que definen el comportamiento de los movimientos del robot.



Figura 4 Robot antropomórfico ensamblado

CONCLUSIONES

Los sociedad de hoy en día esta adquiriendo una cultura ecológica que le permite reflexionar sobre la repercusiones que ocasionan debido a las acciones del diario vivir. Por esta razón se están proponiendo



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



nuevas soluciones que permitan generar un impacto medioambiental positivo. Una de estas propuesta son las construcciones ambientales que incluyen cultivos ornamentales y de pequeñas producciones.

Dado que los cultivos urbanos implementados en edificaciones suelen estar ubicados en sitios poco frecuentados o lugares a alturas considerables, la propuesta del uso de sistemas robóticos remotos reduciría riegos de operación a los usuarios y permitirá un mantenimiento más efectivo, con una mayor optimización de los insumos, gracias a la sensoria implementada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aboul-Zahab, E.M.; Ibrahim, A.M.; Abdel-Rehim, A.-F.M.; Omar, A.I., (2014), "Developing of energy credits in an Egyptian Green Building Rating System," 2014 International Conference on Engineering and Technology (ICET), pp.1,6.

Insu Kim; James, J.-A.; Crittenden, J., (2015), "The Energy-Efficient, Economical, and Environmental Impacts of Microturbines on Residential Customers," Green Technologies Conference (GreenTech), 2015 Seventh Annual IEEE., pp.139,146.

Plaskoff, R. (2014). PhytoKinetic: Lightweight Green Roof System For City Buses and Vehicles, Urban Gardens, USA. <http://www.urbangardensweb.com/-2013/07/24/phyto-kinetic-green-roofs-for-city-buses-and-improved-urban-ecosystem/> (Consultado: 5 de agosto 2015)

Subbiah, K.; Kannan, S., (2011), "The eco-friendly management of hotel industry," 2011 International Conference on Green Technology and Environmental Conservation (GTEC 2011), pp.285,290.

Xiangxiao M., (2013), "A brief analysis on the construction of urban greenway network in Zhongshan — Based on the perspective of environmental protection," 2013 6th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering (ICIII), vol.2, pp.412,415.

Xingzhou L., Yaowen X., Yuchu X.; Chao Z., Xiangqian W., (2011), "Spatio-temporal processes and causes analysis of Jiayuguan oasis in China over a 23a period," 2011 19th International Conference on Geoinformatics, pp.1,4, 24-26.

Wei W., Cheng G., Xu Shan; Liang L., Lu G., Fu H., (2011), "Study on Water Requirements of Liuzhou Ecological City Construction," 2011 International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring (CDCIEM), pp.2248,2251.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Yie-Ru C., Chao-Hsien L., Chih-Yang H.; Yao-Lung T., Hsueh-Hsien C., (2009), "Applying GIS-based rainwater harvesting design system in the water-energy conservation scheme for large cities," 13th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2009, pp.722,727.

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y LA ESTABILIDAD DE UN SISTEMA DOS FASES TRATANDO AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE MATADERO

José Zabaleta ¹, Luis Ramírez ^{1*}, Eliana cortes ²

1: Ingeniería Ambiental y sanitaria, Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia

2: Ingeniería Ambiental y sanitaria, Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia

* joseazaur16@yahoo.es

Resumen

Se evaluó el comportamiento de la eficiencia de un sistema de dos fases conformado por un Acidificador más un reactor UASB a escala laboratorio, para la degradación biológica de las aguas residuales generada en el matadero de la empresa COOLESAR S.A de la ciudad de Valledupar- Cesar (Colombia). inicialmente se aclimato en lodo y luego se adaptó al reactor posteriormente al Acidificador para luego operar el sistema de dos fases conformado por un Acidificador y UASB, durante la investigación se analizaron parámetro como el pH, Temperatura, Alcalinidad, AGV, SST, SSV y DQO para el monitoreo de la estabilidad y la remoción de carga orgánica en el sistema, y se evaluó a tiempo de retención hidráulico de 36, 24, 12, 9, 6 y 3 horas obteniendo porcentajes de remoción del 96,37, 91.34, 80.70, 51.41, 31.48 y 21.52 % demostrando que el sistema de dos fases es eficiente para tratar esta agua residual proveniente de mataderos.

Palabras Clave: Tecnología anaerobia, Reactor UASB, Acidificador, Degradación, Matadero.

Área temática: Agua

Abstract

The behavior of the efficiency of a two-phase system shaped by a Acidifier and UASB reactor to laboratory scale, for biodegradation of waste water generated in the COOLESAR SA Company slaughterhouse of Valledupar City (colombia). initially was acclimated in mud and then adapted to reactor and later to acidifier, then operate the two-phase system consisting of a Acidifier and UASB, during the investigation parameters such as pH, temperature, alkalinity, VFA, SST, VSS and COD were analyzed for monitoring of stability and the removal of organic load on the system, and evaluated





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



hydraulic retention time of 36, 24, 12 , 9, 6 and 3 hours obtaining removal percentages of 96.37 , 91.34 , 80.70 , 51.41 , 31.48 and 21.52 % , demonstrating that the two-phase system is efficient to treat the waste water from slaughterhouses.

Keywords: Anaerobic Technology, UASB Reactor, Acidifier, Degradation, Slaughterhouse.

INTRODUCCIÓN

En general, los efluentes de mataderos tienen altas temperaturas y contienen elementos patógenos, además de altas concentraciones de desechos orgánicos generados en el proceso de sacrificio, debido a la composición de esta agua residual que contiene proteínas, grasas en forma soluble, Ácidos grasos volátiles, Solidos suspendidos totales, se obtiene un efluente que presenta una importante cantidad de estos sólidos de lenta biodegradación.

Actualmente las aguas residuales que provienen de las diferentes actividades desarrolladas por la empresa COOLESAR S.A. en la ciudad de Valledupar colombia, con componentes orgánicos, se están descargando directamente al sistema de alcantarillado municipal, cuyo destino final son las lagunas de oxidación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “SALGUERO” del municipio de Valledupar – Cesar. Las cuales por su naturaleza, no están diseñadas para tratar los constituyentes de esta clase de agua residual, alterando el funcionamiento de éstas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla 1: Características fisicoquímica de las aguas residuales producidas en el matadero de la empresa COOLESAR S.A.

Parámetros	Método Numeración	
	Según El APHA - AWWA-WPCF	Valores
DQO	5220B	5780mgO2/L
SSV	2540E	281 mg/L
SST	2540D	483 mg/L
Alcalinidad	2320B	360 mg/L
pH	4500- H+ B	7,47
Temperatura	2550B	32 °C

Descripción Del Sistema Compuesto Por Un Acidificador Seguido De Un Reactor UASB

En la Ilustración 1 se muestra como el sistema está compuesto por un Acidificador seguido de un reactor UASB y su funcionamiento.



Ilustración 1. Sistema de dos fases utilizado



Inicio de adaptación y arranque de los reactores

Inicialmente se inoculó el reactor con UASB con el 30% del volumen útil de reactor que corresponde a 500cm³ de lodo activado proveniente de una industria cervecera, ubicada en la ciudad de Barranquilla, luego se arrancó el reactor con residuo diluido (30%) y recirculación (100%), se incrementó gradualmente la concentración del residuo y se suprimió la recirculación hasta alcanzar la concentración normal del residuo crudo.

El Acidificador se inició proporcionándole afluente durante 15 días a la intemperie para que los microorganismos que están en el ambiente lleguen de forma natural y se comiencen a dar las dos primeras fases de la degradación biológica (hidrólisis y Acidogénesis).

La operación del sistema de dos fases Acidificador mas UASB a escala de laboratorio se inició una vez superada la etapa de aclimatación y arranque del Acidificador y el reactor UASB.

Se inició la evaluación bajo el modelo de flujo continuo con un tiempo de retención hidráulica de 36 horas, alimentándolo con una DQO de 5780 mgO₂/l, operó de manera continua durante un periodo de 110 días a distintos TRH tratando las aguas residuales provenientes de las actividades de sacrificio de la empresa COOLESTAR S.A., en los cuales se hicieron muestreos periódicos en los puntos de entrada, Acidificador y salida del efluente del sistema. Se midieron los parámetros de: pH, Alcalinidad, Temperatura, Ácidos Grasos Volátiles (AGV), SST, SSV y DQO. Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de mecánica de fluido de la Universidad Popular del Cesar siguiendo el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater de la APHA, AWWA, WPCF (18th edition).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Gráfica 1 se Analizó el comportamiento del sistema de dos fases (Acidificador y un UASB), que para un TRH de 36 horas obteniendo la mayor remoción en la investigación con un 96, 37% este resultado fue evaluado durante 12 días consecutivos obteniendo una gran estabilidad y arrojando el mismo resultado demostrando su gran eficiencia, luego disminuyó el TRH a 24 horas el sistema alcanzó un porcentaje de remoción del 91,34%; con una COV aplicada de 3,56 KgDQO/m³d se puede considerar este TRH como eficiente porque se observó que el porcentaje de remoción aumentó considerablemente alcanzando porcentajes muy superiores al 80% este resultado es similar al reportado por Elisabeth Behling 2003, que a un TRH de 24 horas obtuvo un porcentaje de remoción de la DQO de 93,8% en un sistema de tratamiento de dos fases, El siguiente TRH ensayado fue de 12 horas, con el cual se alcanzó un



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

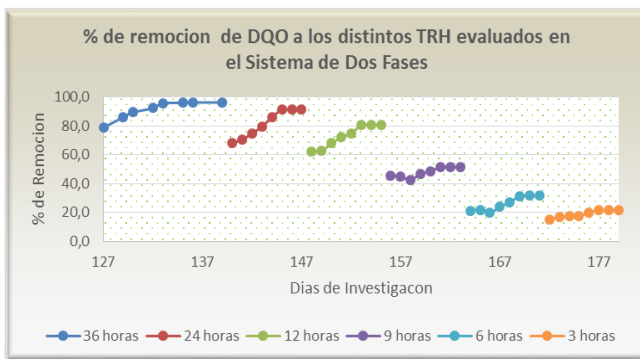


porcentaje de remoción del 80,70% con una COV aplicada de 7,27 KgDQO/m3d este TRH supero el 80% y se consideró como eficiente, luego progresivamente se llevó a un TRH de 9 horas logrando un porcentaje de remoción de 51,41% con una COV de 9,93 KgDQO/m3d fue descartado este TRH porque no alcanzó el porcentaje de remoción mínimo del 80%. el siguiente TRH a ensayar fue de 6 horas en el cual se logró una estabilidad con un porcentaje de remoción de 31,48% con una COV aplicada de 14,76 KgDQO/m3d y Por último para un TRH de 3 horas se logró una estabilización pero con porcentajes de remoción muy bajo de 21,52% con una COV de 28,69 KgDQO/m3d.

Tabla 2: Porcentajes de Remoción de DQO a distintos TRH

% De Remoción a los distintos TRH					
36 horas	24 horas	12 horas	9 horas	6 horas	3 horas
79,0	68,1	62,1	45,6	21,3	15,2
86,2	70,7	62,7	44,8	21,7	16,6
89,5	74,7	67,9	42,6	19,5	17,2
92,5	79,6	72,1	46,8	23,9	17,5
95,8	86,0	74,6	48,6	26,9	19,9
96,1	91,3	80,6	51,4	31,0	21,4
96,3	91,3	80,7	51,4	31,5	21,5
96,4	91,3	80,7	51,4	31,5	21,5

Grafico 1. Porcentajes de Remoción de DQO a distintos Tiempo de Retención Hidráulica.



Analizando el comportamiento del sistema de dos fases (Acidificador y UASB) la (Tabla 3) nos muestra que a TRH de 24 horas es el mejor tiempo tanto para remoción de SST como para SSV con un 78,52% y 81,27% respectivamente, a TRH de 12 horas el sistema sigue demostrando su gran eficiencia arrojando





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

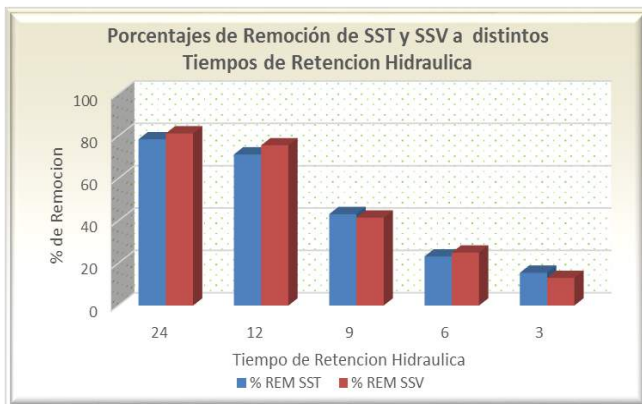


altos porcentaje de remoción, a TRH 9, 6 y 3 horas hay una notoria disminución del rendimiento del sistema.

Tabla 3: Porcentajes de Remoción de SST y SSV a distintos TRH

% de Remoción de SST y SSV		
TRH (horas)	% REM SST	% REM SSV
24	78,52	81,27
12	71,37	75,67
9	43,17	41,52
6	23,18	25,00
3	15,50	13,04

Grafico 2. Porcentajes de Remoción de SST y SSV a distintos Tiempo de Retención Hidráulica.



CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio verifican que la aplicación de la tecnología de tratamiento anaerobio con reactores de dos fases (Acidificador+UASB), para la degradación biológica de efluentes de industrias cárnicas, es una mejor alternativa, ya que se reduce el TRH a 12 horas conservando la estabilidad del sistema, lo que nos permite obtener un reactor más económico, en función de su volumen. Esto es debido a que los procesos de hidrólisis y ácido génesis, se adelantan en el acidificador, con lo cual, en los siguientes dos procesos que se dan dentro del reactor UASB (Acetogénesis, Metanogénesis), se mejoran las condiciones ambientales para que las bacterias acetogénicas y metanogénicas aumenten su eficiencia durante la degradación biológica de la materia orgánica, sin que se altere el PH y se desestabilice el sistema, por la acción de la alta producción de ácidos grasos volátiles, los cuales, son generados en el acidificador y luego estos son consumidos de una forma estable (sin variaciones del PH), dentro del reactor UASB, por la acción de las bacteria ecetogénicas.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AWWA. Métodos Normalizados para Análisis Potables y Residuales. Editorial Díaz Dos Santos. México D.F. 2001.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua y Saneamiento Básico - RAS. Bogotá. 2000.
- COLOMBIA. Decreto 1500 de 2007. Bogotá.
- COLOMBIA. Decreto 1594 de 1984. Bogotá.
- DA CAMARA LESLY 2000. Manual de Diseño para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. 2000.
- JENNY ALEXANDRA RODRÍGUEZ V. ING. SANITARIA Msc. Profesora Asociada de la Universidad el Valle. Cali – Colombia
- FAIR GORDON, GEYER JOHN 2001. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Tomo II. Editorial Limusa. México D.F. 2001.
- FIELD JIM. Aguas Residuales de Matadero. Título C y K. CEPIS. Universidad Agrícola de Wageningen. Holanda.
- LAGUNA LOPEZ ACELA. Digestión Anaerobia en Dos Etapas. Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa. México. 1995.
- OROZCO JARAMILLO ALVARO. Bioingeniería de Aguas Residuales. Teoría y Diseño. Editorial Acodal. Bogotá. 2005.
- ROJAS OLGA. Relación Alcalinidad-Ácidos Grasos. Título D. CEPIS. Universidad del Valle. Cali. 1987.
- ROMERO ROJAS JAIRO. Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. Editorial ECI. Bogotá. 1999.
- TORRES P. Material de Clase., Selección de Tratamiento para Aguas Residuales. Universidad del Cauca. Popayán. 2003.
- Chaux, Rojas y Bolaños 2009. “Producción Más Limpia y Viabilidad de Tratamiento Biológico Para Efluentes de mataderos en Pequeñas Localidades” en el municipio de “El Tambo – Cauca”. Colombia. Mayo de 2009.
- Castañeda Galván, Benjamín. “Análisis de un Sistema de Tratamiento Biotecnológico de los Residuos Generados en la Industria Cárnica. Universidad Veracruzana. México.
- Behling Q. Elisabeth H. Comportamiento de un reactor biológico rotativo de contacto (RBC) en el tratamiento de efluentes de una industria cárnica. Universidad del Zulia. Venezuela. 2003.
- Caldera yaxcelis2005: Efecto de la carga orgánica en el funcionamiento de un reactor UASB durante el tratamiento de efluente cárnico. Universidad del Zulia. Venezuela. 2005

ESTIMACIÓN DEL CO₂ EMITIDO Y CAPTURADO EN LA SEDE SABANAS Y EL CAMPUS DEPORTIVO DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Kristinne Echávez^{1*}, Yulbreyner Pastran¹, Ángel Polo¹.

1: Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia.

* kechavez@unicesar.edu.co

Resumen

El presente trabajo abarca las estimaciones de las emisiones de CO₂ generadas por las diversas fuentes existentes en la sede sabanas y el campus deportivo de la Universidad Popular del Cesar y a su vez, se presentan la distribución de las especies forestales, el estado físico y actual de las mismas, la cantidad de biomasa contenida en los fustes y el carbono almacenado en ellas. La metodología estuvo basada en el uso de factores de emisión con el consumo para cada servicio. Las emisiones de CO₂ generadas por fuentes móviles fueron estimadas a partir del factor de emisión acorde a la cilindrada de los mismos y la distancia recorrida por los vehículos en la universidad. Los resultados obtenidos sustentan que para el año 2014 se generaron 47,67 ton CO₂/año, siendo los automóviles la principal fuente generadora, aportando a la atmósfera 24,49 ton CO₂/año. Por otro lado, las especies forestales presentes en ambas sedes han capturado en su ciclo de vida un equivalente a 39364,03 Ton de CO₂. Adicionalmente, se sugieren las especies con mayor fijación de carbono y menor problema fitosanitario que podrían implementarse en futuras ampliaciones de zonas verdes en el claustro.

Palabras clave: Gases de efecto invernadero, Emisiones y Captura de CO₂, Biomasa.

Área temática: Variabilidad y Cambio Climático.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las mayores preocupaciones a nivel mundial en los últimos tiempos es el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, ya que estos son considerados los causantes del cambio climático. El dióxido de carbono es el gas de efecto de invernadero antropógeno más importante de la atmósfera, el promedio mundial de este gas en el 2013 fue de 396 ppm. El aumento medio del CO₂ atmosférico de 2003 a 2013, corresponde aproximadamente al 45% del CO₂ emitido por las actividades humanas (Organización Meteorológica Mundial, 2014), adicionalmente, la degradación de pasturas contribuye de manera significativa en el aumento del mismo (Houghton, Skole, & Lefkowitz, 1991).

Existen diferentes tipos de proyectos con el que se puede lograr la reducción de GEI; la creación y/o mejoramiento de los sumideros de carbono en la biosfera es uno de ellos. Las plantaciones forestales pueden contribuir a la mitigación del calentamiento global mediante la conservación, el secuestro, almacenamiento y la sustitución de carbono ya que las especies arbóreas pueden retener carbono en su madera (Vine, Sathaye, & Makundi, 1999).

La finalidad de este proyecto fue realizar un estudio sobre las emisiones de CO₂ de la Universidad Popular del Cesar y el secuestro de carbono con especies arbóreas presentes en la Sede Sabanas y Campus Deportivo, lo que permitió la consolidación de una herramienta de apoyo, incluida en una metodología de cuantificación, almacenamiento y fijación de carbono.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Componente atmosférico.

Para calcular las emisiones asociadas, fue necesario aplicar un factor de emisión de CO₂ atribuible a las distintas fuentes de generación. Este procedimiento se llevó a cabo siguiendo las indicaciones de la Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) desarrollada por la EPA.

$$E = Na \times Fe \times \left[1 - \frac{ER}{100} \right] \quad (1)$$

Donde E son las emisiones (ton CO₂), Na es el nivel de actividad, Fe es el factor de emisión y ER es la eficiencia global de reducción de emisiones (%).

2.1.1. Consumo eléctrico.

Se aplicó un factor de emisión de CO₂ atribuible al suministro eléctrico –también conocido como mix eléctrico (g de CO₂/kW)– que representa las emisiones asociadas a la generación eléctrica por parte del consumo de luz, aires acondicionados etc.

Los factores de emisión en la producción bruta de energía eléctrica a utilizar fueron extraídos de los informes mensuales de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano del año 2014 encontrados en la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética).

El nivel de actividad fue el consumo eléctrico anual del campus extraído de las facturas del servicio eléctrico.

2.1.2 Consumo de gas natural.

El factor de emisión fue extraído de la tabla de factor de emisión de contaminantes criterio y gases de efecto invernadero procedentes de la combustión de gas natural suministrada por la EPA.

El nivel de actividad se extrajo de los recibos de gas natural que corresponden al consumo de gas mensual por parte de la caldera de la planta piloto y el consumo por parte de mecheras en laboratorios.

La eficiencia global de reducción de emisiones, % corresponde al mantenimiento que se le realiza a la caldera.

2.1.3. Fuentes Móviles (Automóviles y motocicletas)

La metodología típica para el cálculo de emisiones vehiculares se basa en la siguiente ecuación:

$$E = Fe \times Fa \times N \quad (2)$$

Donde, E es la Emisión vehicular (base del contaminante/tiempo), Fe es el Factor de emisión determinado por el cilindraje del vehículo, N es el Número de fuentes de la categoría vehicular (número de vehículos) y Fa es el Factor de actividad característico de la categoría vehicular (distancia).

El factor de emisión, fue determinado por el cilindraje del vehículo y a la zona (urbana, rural o interurbana) de recorrido que tenga. En el caso de las motocicletas también se tuvo en cuenta su





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



clasificación (2 tiempos y 4 tiempos). Estos datos se tomaron de la Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Para el número de fuentes categorías vehicular, se creó una base de datos concernientes a los vehículos que componen el parque automotor del campus; (aforo vehicular) durante 18 días aleatorios (6 en vacaciones, y 12 en periodo de clases) en un período de tiempo comprendido desde las 6 am a 8pm.

Para el factor de actividad fue necesaria las distancias recorridas por los vehículos dentro de la Universidad, estas distancias fueron escogidas y medidas aleatoriamente siguiendo el trayecto de las zonas de parqueo.

2.2. Componente forestal.

2.2.1. Inventario forestal.

Se realizó inventario forestal al 100%, por ser áreas de poca extensión y tener corredores verdes reducidos con homogeneidad de especies forestales. En esta etapa se tomaron las mediciones del diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, altura comercial, diámetro de la copa, coordenadas y a la vez se registraron en un formato para determinar las especies con mayor abundancia para el enfoque de la presente investigación.

2.2.2. Estimación de la biomasa sobre el suelo.

Se hizo uso de la ecuación alométrica desarrollada por Chave para especies arbóreas de bosques secos tropicales para hallar biomasa seca viva sobre el suelo expresada en kg, ésta ecuación relaciona la biomasa con el diámetro a la altura del pecho (DAP), característica medida en el campo y con la densidad de la madera.

$$\text{Biomasa} = (\text{Dens} * (\text{EXP} (-1,499 + (2,148 * \ln(D)) + (0,207 * \ln(D)^2) + (-0,0281 * \ln(D)^3)))) \quad (3)$$

Donde D es el diámetro a la altura del pecho (cm) y Dens. es la densidad de la madera (gr/cm^3).

2.2.3. Cálculo de la captura de dióxido de carbono por especies forestales.

Para hallar la captura de CO₂ se tuvo en cuenta la Guía de Campo para la Estimación de Biomasa y Carbono Forestal del Woods Hole Research Center, en el que supone la deforestación y quema de las especies en la preparación del terreno para cualquier uso, en este caso la construcción de nueva infraestructura en la Universidad. La cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que sería emitida a la atmósfera por este proceso sería un balance de la captura del mismo por parte de los árboles; para esto es necesario determinar la cantidad de carbono almacenado multiplicando los valores de biomasa por 0,5 ya que en la mayoría de estudios en los cuales se trata el tema de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, se asume que el contenido de carbono corresponde al 50% de la biomasa de los arboles vivos (MCDICKEN, 1997)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

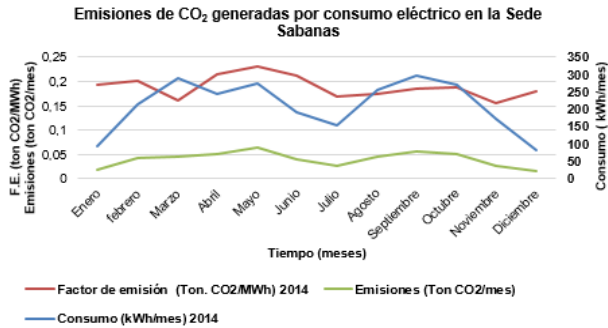
3.1. Componente atmosférico.

3.1.1. Consumo eléctrico.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Gráfica 1 Emisiones de CO₂ generadas por consumo eléctrico en la Sede Sabanas.

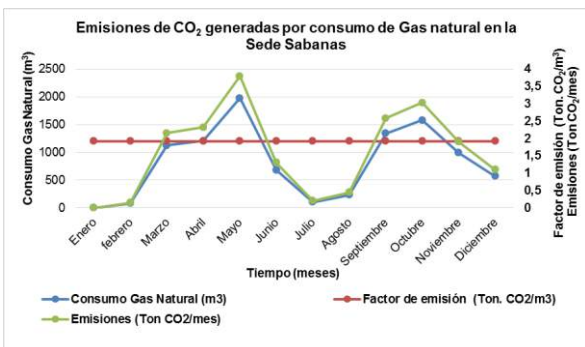
Las cifras del Factor de Emisión presentadas del sistema de generación más alto en el año 2014 fue el del mes de mayo (0.230 Ton CO₂/MWh), seguido por el mes de abril (0,215 Ton CO₂/MWh), estos valores se explica a través de la reducción de la participación de la generación hidráulica y el incremento en la participación de la generación térmica, en especial las centrales operadas con gas. Los valores más bajos de F.E. se explican a través del aumento de la participación de la generación hidráulica, gracias al aporte de las precipitaciones a nivel nacional en el mes.

Con respecto al consumo de energía eléctrica en la Sede, se observa que los meses en los que hay mayor utilización del servicio son Septiembre con 297,661 kWh/mes, marzo con 291,395 kWh/mes, lo que puede explicarse por la alta actividad académica.

Por último, las emisiones más representativas del año en las sedes se observan en los meses de mayo (0,0634 Ton CO₂/mes y septiembre 0,0551 Ton CO₂/mes); por lo cual se puede analizar que las emisiones están ligadas tanto al factor de emisión como al consumo de energía, ya que si se comparan los meses, mayo presenta el factor de emisión más alto del año, como se mencionó anteriormente, pero al mismo tiempo presenta un bajo consumo de energía eléctrica; caso contrario que el mes de septiembre.

3.1.2 Consumo de gas natural.

La eficiencia global de reducción de emisiones, utilizada fue cero (0%) pues no hay registros históricos que haga soporte de la veracidad del mantenimiento que se le realiza a la caldera.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Gráfica 2 Emisiones de CO₂ generadas por consumo de Gas natural en la Sede Sabanas.

Según los registros de la EPA el factor de emisión para el CO₂ procedente de la combustión de gas natural es 120.000 lb/106 pie³ por lo cual se presenta constante durante el año.

Con respecto al consumo de gas natural se observa que el mes de enero no hubo gasto debido a que no hay presencia de estudiantes y no se hace uso de la caldera ni de laboratorios; además los meses en los que hay mayor consumo de gas natural son mayo, octubre, septiembre, abril, marzo, y noviembre; meses de alta actividad académica. Por último, las emisiones más representativas del año en la sede se observan en los mismos meses en los que hubo mayor consumo del servicio; por lo cual se puede analizar que las emisiones están ligadas directamente al consumo de gas, ya que el factor de emisión es constante.

3.1.3. Fuentes Móviles(Automóviles y motocicletas).

3.1.3.1. Aforo vehicular.

En la etapa del aforo se consignaron todos los vehículos que ingresaban a la sede, tomando datos como placa, marca, línea, clase y cilindraje. Se registraron 8.678 vehículos (Automóviles, camionetas, camperos, furgonetas y camiones) y 15.209 motocicletas que se movilizaron dentro de la Universidad durante los dieciocho días de la realización del aforo.

3.1.3.2. Emisiones de CO₂ mensuales.

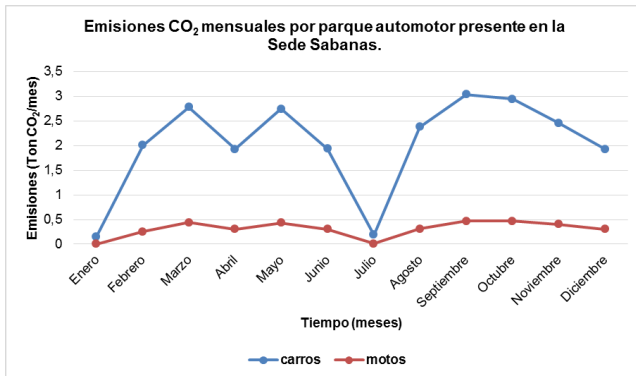


Gráfico 1 Emisiones CO₂ anuales por parque automotor presente en la Sede Sabanas.

De acuerdo a la gráfica anterior, los carros son los vehículos que mayor aporte de CO₂ hacen dentro de la Sede Sabanas. Esto se explica, a través de los valores de cilindraje y por lo tanto altas cifras de factores de emisión.

De la misma manera, se puede analizar que las emisiones están ligadas al periodo que representa cada mes, ya que enero y julio (periodos vacacionales) son los meses que muestran menor emisión y la asistencia en la Universidad se ve representada por el personal administrativo. Cabe resaltar que el mes



de abril que se encuentra dentro del periodo académico exhibe una baja emisión ya que en este mes se ubica la Semana Santa y el Festival Vallenato, periodos en los que no se presenta asistencia por parte del estudiantado.

3.2. Componente forestal.

3.2.1. Inventario forestal.

En esta etapa se registraron las especies con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayores o iguales a 30cm, además se midió la altura total, altura comercial, diámetro de la copa y se registraron las coordenadas del mismo.

3.2.1.1. Sede Sabanas.

Se registraron 261 individuos, se encontraron 17 especies correspondientes a 14 familias botánicas. Siendo el Mango la especie con mayor abundancia con 95 individuos que representan el 36,40% de la población total.

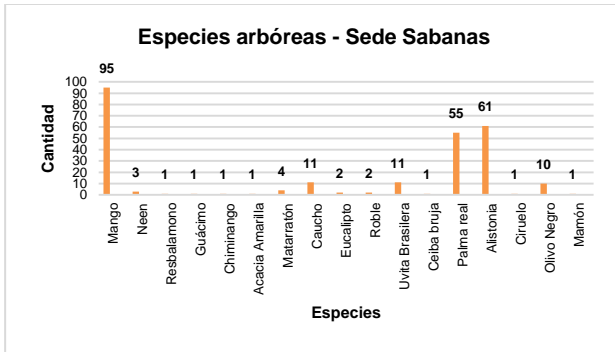


Gráfico 1 Abundancia Especies arbóreas - Sede Sabanas

Fuente: Autores del proyecto.

3.2.2. Sede Campus Deportivo.

Se registraron 325 individuos, se encontraron 30 especies correspondientes a 16 familias botánicas. Siendo el Mango nuevamente la especie con mayor abundancia con 58 individuos que representan el 18% de la población total.

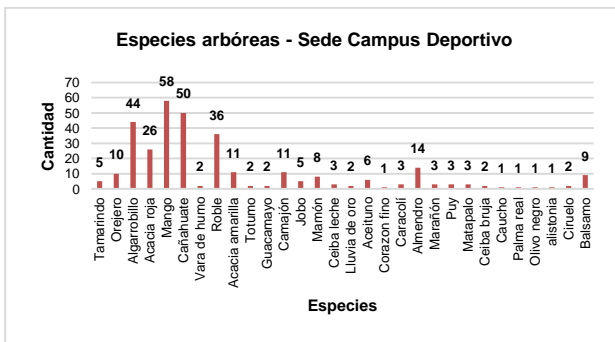


Gráfico 2 Abundancia Especies arbóreas - Sede Campus Deportivo



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Fuente: Autores del proyecto

3.2.2. Estimación de la biomasa sobre el suelo.

Según los resultados obtenidos con la ecuación alométrica de Chave en ambas sedes se concentran 21471,2868 toneladas de biomasa, repartidos así: Sede Sabanas se concentran 8076,22097 ton de las que 4396,5680 ton corresponden solo a la especie de Mango; y en el Campus Deportivo se concentran 13395,066 ton de las que 2115,1011 ton corresponden solo a la especie de Mango.

3.2.3. Cálculo de la captura de dióxido de carbono por especies forestales.

Las especies forestales presentes en ambas sedes han capturado en su ciclo de vida un equivalente a 39364,03 Ton de CO₂, contribución del campus universitario en capturar esta cantidad de gas de efecto invernadero. Cabe resaltar que cuando se talen estas especies serán expuestas a la atmósfera esta misma suma que ha sido almacenada durante tantos años.

4. CONCLUSIONES.

Las emisiones de CO₂ por parte del consumo eléctrico (0,44 ton/año) son menores que las del consumo de gas natural (196,26 ton/año), pese a que el tiempo de operación de la energía eléctrica es 24 horas/día. De igual manera las altas cifras de emisiones de CO₂ por parte del consumo de gas se ve afectado por el valor adoptado en la eficiencia global de reducción de emisiones al no contar con un mantenimiento periódico a la caldera.

La categoría vehicular que menos aporte de emisiones de CO₂ hace a la atmósfera, aunque supera en cantidad, son las motocicletas (3,71 ton/año) en comparación con los automóviles, camionetas, furgonetas y camiones (24,49 ton/año).

Se demuestra la importancia de ampliar las zonas verdes con la finalidad de crear un sumidero de carbono para contrarrestar las emisiones de CO₂ dentro de la institución.

De las especies arbóreas existentes en las mencionadas Sedes de la Universidad Popular del Cesar, el Mango (*Mangifera Indica*), el Algarrobito (*Pithecellobium saman*) y el Roble (*Tabebuia Rosea*) son las que tienen mayor potencial de captura de CO₂, y pueden ser debidamente reconocidas y multiplicadas en el área de estudio, ya que tienen menor contenido de humedad y mayor tejido leñoso, lo que le favorece en espacio para el carbono fijado y además tienen una densidad constante en todas las etapas de madurez.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Houghton, R., Skole, D., & Lefkowitz, D. (1991). Changes in landscape of Latin America between 1850 and 1985, II: Net release of CO₂ to the atmosphere. *Forest Ecology and Management*. 38, 173-199. Elsevier.
- McDicken, K. (1997). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Virginia: Winrock International Institute for Agricultural Development Forest Carbon Monitoring Program.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Organización Metereológica Mundial. (2014). Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero. Boletín, Ginebra.

Vine, E., Sathaye, J., & Makundi, W. (1999). Guidelines for the monitoring, evaluation, reporting, verification, and certification of forestry projects for climate change mitigation. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. 125. Berkeley.

EL GLICEROL CRUDO UTILIZADO COMO FUENTE DE ENERGIA ALTERNATIVA

Javier Mauricio Melo Guevara¹, Jacipt Alexander Ramón Valencia²

¹ Universidad de Pamplona, Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (GIAAS), Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

² Universidad de Pamplona, Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (GIAAS), Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

*E-mail Autor para correspondencia: jmeloguevara@gmail.com

Resumen

El glicerol se genera en grandes cantidades como sub-producto del proceso de fabricación de biodiesel. Actualmente una de las preocupaciones más importante es como dar salida a este producto que está causando un gran impacto a nivel económico y ambiental en la refinación industrial. Debido a la falta de implementación de técnicas de extracción del glicerol, es necesario proponer alternativas que ayuden al aprovechamiento para generar rentabilidad en dichos procesos. La presente investigación se enfoca en estudiar experimental y teóricamente una alternativa para la obtención de etanol, mediante el proceso de fermentación del Glicerol crudo utilizando Lactobacillus sp. Este género bacteriano produce contaminación bacteriana en procesos fermentativos, particularmente, en fermentaciones para producción de etanol, donde se utiliza melaza de caña o maíz como materia prima. Estas bacterias crean un descenso constante del carbono disponible en la materia prima para la conversión a etanol. Compiten por factores de crecimiento necesarios para que la levadura realice su proceso fermentativo; así mismo pueden producir ácido láctico, el cual, inhibe el crecimiento de la levadura, generando una pérdida de dos moléculas de etanol por cada molécula de ácido láctico producido, disminuyendo la productividad y ocasionando pérdidas económicas, sin embargo un trabajo de fermentación realizado por estas bacterias en el glicerol crudo, puede ser aprovechado como alternativa para la producción de etanol.

Palabras clave: Etanol, Fermentación, Lactobacillus, glicerol crudo

Abstract

Glycerol is generated in large quantities as a byproduct of the biodiesel manufacturing process . Currently one of the most important concerns is how to dispose of this product that is causing a major impact on economic and environmental level in the refining industry . Due to the lack of implementation





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



of glycerol extraction techniques , it is necessary to propose alternatives that help to use to generate profitability in these processes. This research focuses on experimental and theoretical study an alternative for obtaining ethanol by fermentation of crude glycerol using Lactobacillus sp. This bacterial genus produce bacterial contamination in fermentation processes, especially in fermentations for ethanol production, where cane molasses or corn as feedstock is used, these bacteria create a steady decline in available carbon in the raw material for conversion to ethanol. Compete for growth factors needed for yeast fermentation process carries on; likewise can produce lactic acid, which inhibits the growth of yeast, generating a loss of two molecules of ethanol per molecule of lactic acid produced, lowering productivity and causing economic losses, however fermentation work by these bacteria in the crude glycerol can be exploited as an alternative to ethanol production.

Keywords : Ethanol fermentation , Lactobacillus , raw glycerol.

INTRODUCCION

Los precios del petróleo en el ámbito internacional han generado repercusiones en las economías de los países en vía de desarrollo en que han incidido, este se está empleando a gran escala como fuente renovable de energía. La energía ha determinado el desarrollo y la supervivencia o muerte de las civilizaciones. La civilización industrial se ha construido gracias a los combustibles fósiles y, en especial, al petróleo por tener una alta densidad energética. El uso de combustible de origen fósil no renovables como lo es el petróleo, son el motor energético más utilizado y común a nivel mundial, sus altos costos, agotamiento, sus efectos en el calentamiento global, contaminación urbana atribuido a su combustión, además de su tendencia a la escases por su demanda a lo largo de la historia, están siendo las fuerzas motivadoras para realizar investigaciones sobre el uso de fuentes alternativas de energía, especialmente aquellas que se derivan de la biomasa

Teniendo en cuenta cada uno de estos factores y resaltando el aumento de producción de glicerol generado por la extracción de las diferentes fuentes utilizadas para la obtención de biodiesel, vemos una alternativa sostenible, competitiva, que genera desarrollo con el fin de conseguir convertirse en una opción para el aprovechamiento de las potencialidades del sector y así poder mejorar la eficiencia de los productos que pueden encontrarse como resultado final de un proceso industrial específico.

Por estas razones la inclinación de la investigación hacia la producción de etanol por fermentación del glicerol crudo utilizando Lactobacillus en condiciones aerobias, del cuál se pueden obtener una gran variedad de alternativas de uso industrial como pueden ser: como energético (combustión directa, pirolisis, producción de bioetanol, biogás e hidrógeno, aditivo de combustible); como suplemento alimenticio y como insumo para la industria química y de fertilizantes.

2. METODOLOGIA





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



En la actualidad se vienen generando una serie de investigaciones que poco a poco demuestran el impacto que genera el aprovechamiento del glicerol para su uso industrial, utilizando nuevas técnicas con el fin de lograr un desarrollo sostenible entre el medio ambiente y la industria. En el desarrollo de esta revisión se pretende formular alternativas viables que determinen de manera experimental las condiciones adecuadas para llevar a cabo la fermentación del glicerol obteniendo parámetros cinéticos necesarios para implementar una modelación, reactivando y purificando cepas industrialmente conocidas pero en especial el *Lactobacillus* sp. y estandarizar condiciones adecuadas para su crecimiento y proceso según normatividad vigente. Además es necesario establecer las condiciones óptimas para la experimentación en la producción de etanol que se obtiene mediante procesos biológicos y predecir el comportamiento del proceso.

3. DESARROLLO Y DISCUSIONES

En un contexto global ante la eventualidad presentada y como modelo propuesto, es necesario conocer que como alternativa de este estudio hay que tener en cuenta dentro del sector económico dos renglones importantes como son la competitividad y productividad el cuál lo determinan relevante y aplicable como estrategia para la generación de productos confiables que proporcionan una fuente renovable de energía que revitaliza las economías rurales y genera empleo al favorecer la implementación de un nuevo sector en el ámbito agrícola. Con esto, se puede esperar un impacto positivo sobre el medioambiente, y en consecuencia en la salud de las personas que habitan las ciudades. Los efectos positivos sobre el medio ambiente se deben a que los biocombustibles son compuestos biodegradables, reducen la emisión de gases tóxicos de los vehículos tradicionales, reducen el efecto invernadero y el uso de sus residuos como fuente de energía para cogeneración y disminuye el consumo de combustibles fósiles contaminantes. El biodiésel como fuente energética renovable, tiene el 85% del potencial energético del diésel (43) y durante su proceso productivo es posible obtener glicerol como subproducto principal en concentraciones entre 10-40% (20). Esta condición ha posicionado la producción de 1,3-PD y 3-hidroxipropionaldehído (3-HPA) a partir de glicerol como una estrategia para dar mayor valor agregado a los subproductos durante la producción, y de esta forma rentabilizar el proceso (Cárdenas et al., 2005).

El glicerol se genera en grandes cantidades como sub-producto del proceso de fabricación de biodiesel. Actualmente una de las preocupaciones más importante es como dar salida a este producto que está causando un gran impacto a nivel económico y ambiental en la refinación industrial. Debido a la falta de implementación de técnicas de extracción del glicerol, es necesario proponer alternativas que ayuden al aprovechamiento para generar rentabilidad en dichos procesos. Durante el transcurso del tiempo se han venido realizando investigaciones que nos ayuden a determinar modelos precisos utilizando cepas que nos arrojan resultados interesantes donde se pueden establecer las condiciones óptimas para la experimentación en la producción de etanol que se obtiene mediante procesos biológicos y predecir el comportamiento del proceso con el fin de aprovechar esta gran demanda que en la actualidad se están generando.



Para el caso particular de la producción de biodiésel, cuando se realiza mediante el proceso convencional de transesterificación de aceites, se obtiene la glicerina como producto secundario, en aproximadamente un 10% de la cantidad de aceite utilizado, lo que, en concordancia con el creciente mercado de este sector, también produce un aumento en la oferta de glicerina (Hernández et al., 2015). El impacto del desarrollo de aplicaciones y procesos relacionados con la extracción de bioetanol por vías químicas que se han venido utilizando los hacen realmente costosas para la industria, éstas rutas manejan reactivos tóxicos y generan rendimientos al 43%. Este hecho ha impulsado el estudio de la conversión de glicerol a 1,3-PD por diferentes especies de bacterias, entre las que se encuentran *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii* y *Clostridium butyricum* (figura 1). Para hacer esta ruta económicamente competitiva se requiere tanto de cepas de alto rendimiento como de sustratos económicos, lo cual ha motivado la búsqueda de nuevas cepas capaces de emplear subproductos con alto contenido de glicerol como fuentes de carbono para la fermentación. (Cárdenas et al., 2015).

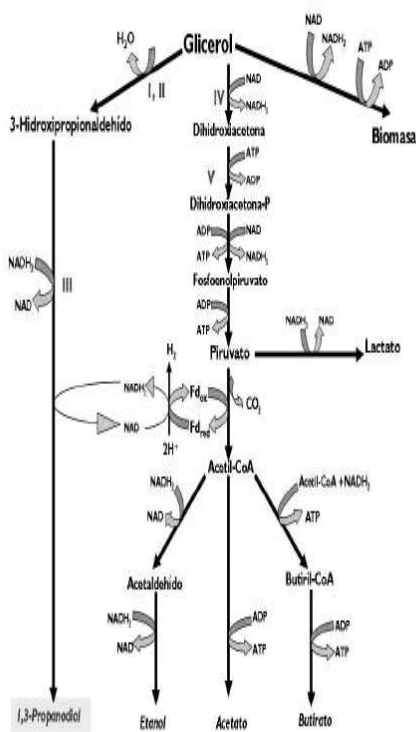


Figura 1. Ruta de asimilación de glicerol en *Clostridium butyricum*. I. Glicerol deshidratasa; II. activador de la glicerol deshidratasa; III. 1,3-PD deshidrogenasa; IV. glicerol deshidrogenasa; V. dihidroacetona kinasa; Fd, Ferredoxina.

En la actualidad los estudios nos arrojan que se pueden obtener aproximadamente 12 alternativas que pueden ser agrupadas según su condición: como energético (combustión directa, pirólisis, producción de bioetanol, biogás e hidrógeno, aditivo de combustibles); como suplemento alimenticio y como insumo para la industria química y de fertilizantes.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los diferentes estudios realizados que arrojan resultados satisfactorios con respecto al aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de etanol, vemos que al implementar esta nueva tendencia es posible aprovechar el glicerol como uso industrial en el área de biocombustibles como alternativa competitiva dentro del marco del desarrollo sostenible, aplicando la normatividad vigente.

La implementación de un sistema que genere una alternativa para la producción de bioetanol por fermentación del glicerol crudo utilizando *Lactobacillus* sp. en condiciones aerobias a escala laboratorio con el fin de aportar los procedimientos para obtener índices de sostenibilidad y competitividad, para aprovechamiento de la demanda potencial de glicerol como subproductos de la industria y generar una conciencia ambiental sostenible que nos permita disminuir los índices de contaminación, permitiendo utilizar mecanismos biológicos, rentables y a bajo costo para los diferentes usos industriales del glicerol.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Berrios, Comparison of purification methods for biodiesel. Chemical Engineering Journal, 2014 vol. 144, No. 3 ISSN , pp. 459-465.

Corma, Biomass to chemicals: catalytic conversion of glycerol/water mixtures into acrolein, reaction network. Journal of Catalysis, 2008, vol. 257, No. 1, pp. 163-171.

Zheng, Combustion and emissions characteristics of high n-butanol/diesel ratio blend in a heavy-duty diesel engine and EGR impact. Elsevier, Energy Conversion and Management, 2014 pp. 787-795.

Posada, Validation of Glycerin Refining Obtained as a by-Product of Biodiesel Production. 2010, vol.14, n.1, pp. 9-27. ISSN 0123-2126.

Abbad, Glycerol deshydratase activity: The limiting step for 1,3-propanediol production by *Clostridium butyricum* DSM 5431, Letters in Applied Microbiology, 1996, vol. 22, pp 311.

Zhang, Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. En: Bioresource technology. New York. Nº89 2003, pp 1-16.

Cardenas, Evaluación de la producción de 1,3-propanodiol por cepas nativas de *Clostridium* sp. mediante fermentación a partir de glicerol USP y glicerol industrial subproducto de la producción de biodiesel. Rev. Col. Cienc. Quím. Farm. 2006 Vol. 35 (1), 120-137

Viatcheslav, Diseño de producción conjunta biodiesel – bioetanol, Revista Energía y computación, 2007, vol. 15, pp. 9-14.

Tejeda, Producción de Bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y piña. Revista educación en ingeniería, 2010, No. 10, pp. 120-125. ISSN 1900-8260.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Alban, Obtención de bioetanol a partir de residuos de naranja Citrus sinensis provenientes del proceso agroindustrial en la provincia de Bolívar. Facultad de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias, 2009.
Sossa, Inmovilización de Bacillus licheniformis y Saccharomyces cerevisiae para la producción de etanol a partir de almidón de papa. Universitas Scientiarum, 2008vol.13 No. 2 pp.149-161.ISSN 0122-7483.

Hernandez, Evaluación de rutas alternativas de aprovechamiento de la glicerina obtenida en la producción de biodiésel: una revisión. Universidad Industrial de Santander, Artículo de revisión / review article Volumen 33, No. 1
Enero-junio, 2015 ISSN: 0122-3461
2145-9371 (on line)





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



ESTUDIO DE VARIABLES DE CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNIDAD DEL PAÍS VASCO, ESPAÑA 2015

Paula Díaz Hoyos¹, Jessica Yorely Villamizar Rodríguez²

1: Semillero de Investigación Variabilidad y Cambio Climático (SIVCC). Universidad de pamplona. Pamplona, Colombia

2: Semillero de Investigación Variabilidad y Cambio Climático (SIVCC). Universidad de pamplona. Pamplona, Colombia

diazhoyospaula@gmail.com

Resumen

En el presente artículo se plasman la información recopilada de la Red de Control de Calidad del Aire del país vasco, que es un instrumento para controlar y vigilar los niveles de contaminación en la Comunidad Vasca; a través de sus estaciones meteorológicas se analizaron la concentración de contaminantes como óxidos de nitrógeno (NO y NO₂), ozono troposférico y partículas en suspensión (PM10 y PM2.5), a partir de los datos horarios de las estaciones zalla, el ciego y ategorrieta las cuales quedan al oeste, sur y noreste del país vasco respectivamente.

Tanto la información recopilada como los resultados obtenidos son importantes para el V Seminario Internacional del Medio Ambiente SIMA 2015, ya que con ellos se pretende avanzar en el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, buscando incentivar la creación de una red de monitoreo en Colombia, tanto o mejor que la del país vasco.

Palabras Clave: Calidad del aire, ozono, estaciones, contaminantes, partículas en suspensión, óxidos de nitrógeno.

Área temática: Contaminación atmosférica

Abstract

In this article the information gathered from the Network Control of Air Quality of the Basque country, which is an instrument to control and monitor pollution levels in the Basque Community are expressed; through their weather stations the concentration of pollutants such as nitrogen oxides (NO and NO₂), tropospheric ozone and particulate matter (PM10 and PM2.5) were analyzed, from the time data zalla stations, the blind, Ategorrieta which lie to the west, south and north respectively of the Basque country.

Both the information recapitulated the results obtained are important for the V International Seminar on Environmental SIMA 2015, because with them we try to advance in the Protocol for monitoring and monitoring





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



air quality, seeking to encourage the creation of a network of monitoring in Colombia, as well or better than that of the Basque country.

Keywords: Air quality, ozone stations, contaminants, particulate matter, nitrogen oxides.

INTRODUCCIÓN

La Red de Control de Calidad del Aire es un instrumento para controlar y vigilar los niveles de contaminación en la Comunidad Autónoma Vasca, está integrada por estaciones que se disponen por todo el territorio vasco, actualmente hay 51 estaciones, de las cuales 13 pertenecen a actividades industriales. Estas estaciones permiten medir la contaminación de fondo en condiciones naturales, la calidad del aire en zonas urbanas y también entornos industriales. De forma general se clasifican según el área donde estén; rurales, urbanas o suburbanas y según el origen de la contaminación que este recogiendo; tráfico, industria o fondo (cuando es una mezcla de varias fuentes).

Gráfico 1: Distribución de las estaciones en el país vasco



Fuente: Red de calidad de aire país vasco

La Red de Control de Calidad del Aire controla y vigila los niveles de contaminación en la Comunidad Autónoma Vasca que da cumplimiento a la obligación que tienen las Comunidades Autónomas de evaluar la calidad del aire en su territorio. Esta Red dispone de analizadores y sensores que miden los contaminantes principalmente dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO y NO₂), ozono troposférico, monóxido de carbono (CO), benceno y partículas en suspensión (PM₁₀ y PM_{2.5}). Además se miden parámetros meteorológicos como velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, presión, radiación y precipitación.

Así pues, se pretende determinar la concentración de contaminantes y sus fuentes; resaltando la influencia de las fuentes antropogénicas y naturales en la calidad del aire y adicional a ello, el paso de dichos contaminantes a precursores de ozono troposférico que traen consigo afectaciones al medio ambiente y a la salud humana.

Contrario al país vasco, en Colombia solo se encuentra el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, a través del cual se espera crear una red de monitoreo de calidad del aire para el país, aprovechando las estaciones meteorológicas que existen en la actualidad. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Red los contaminantes que se miden con analizadores automáticos son el dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), Ozono, benceno y partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). Los analizadores



automáticos toman la muestra de aire a tiempo real y se basan en métodos físicos o químicos para detectar el gas o partícula que se quiere medir. La técnica de medida es específica para cada contaminante.

Tabla 1: técnica de medida de cada contaminante

Contaminante	Técnica de medida
Dióxido de azufre	Fluorescencia de U.V
Dióxido de nitrógeno	Quimioluminiscencia
Monóxido de carbono	Absorción de infrarrojo
Ozono	Absorción UV
Benceno	Cromatografía de gases

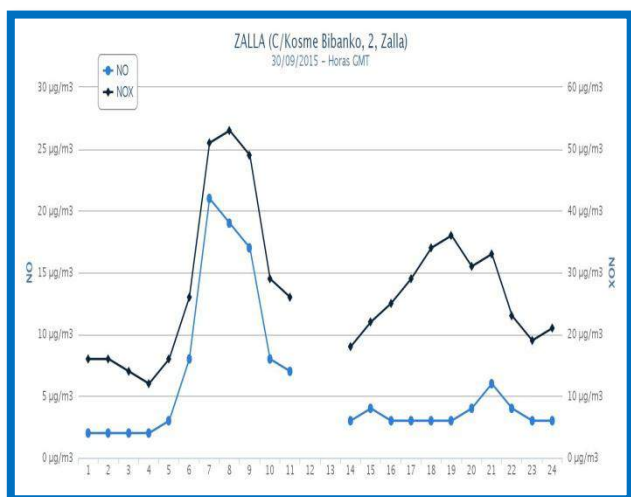
Fuente: Red de monitoreo de calidad de aire país vasco

Cada estación sea fija o unidad móvil, tiene en su interior analizadores o monitores de medida que miden la concentración del contaminante. Son analizadores en continuo, 24 horas al día 365 días al año, salvo averías, toman una muestra del aire ambiente, previamente acondicionada y homogeneizada y la analizan, en periodos que van desde los 10 segundos hasta el cuarto de hora, dependiendo del contaminante a analizar. Una vez que se reciben se realiza una validación automática con el software de explotación de datos que tiene la Red y se publican en esta página web. Posteriormente estos datos son verificados manualmente por un técnico cualificado.

El método de referencia para la determinación de PM10 y PM2.5 es el gravimétrico. Este método consiste en hacer pasar una muestra de aire a caudal fijo por un filtro donde se queda el material particulado. Posteriormente en el laboratorio se realiza la pesada, restando el peso del filtro blanco y dividiendo por el caudal se obtiene la concentración de PM. Las partículas también se pueden medir con equipos automáticos lo que permite obtener datos a tiempo real. El método de medida que se utiliza en la Red son la atenuación beta y la micro balanza de elemento oscilante (equipos TEOM).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

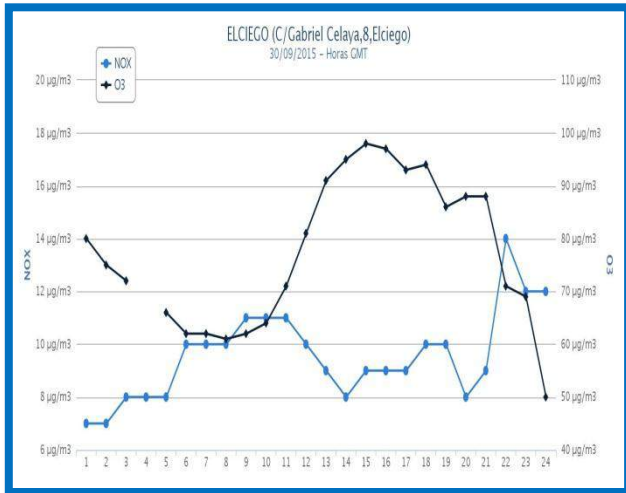
Gráfico 3: Datos horarios estación ZALLA- 30 septiembre 2015



Fuente: Datos horarios- estaciones meteorológicas País Vasco

Comparando la evolución horaria para cada día de la semana de la concentración promedio registrada en la estación ZALLA para los contaminantes NO Y NOx, En ellos se aprecia un máximo en las horas de la mañana, haciéndose mayor para la concentración de NOx. Contrario a ello se encuentran los valores mínimos registrados durante las horas de la tarde, siendo esta disminución más notoria para la concentración de NO. El máximo y mínimo diario es atribuido al aumento y disminución del tráfico vehicular en el estado respectivamente.

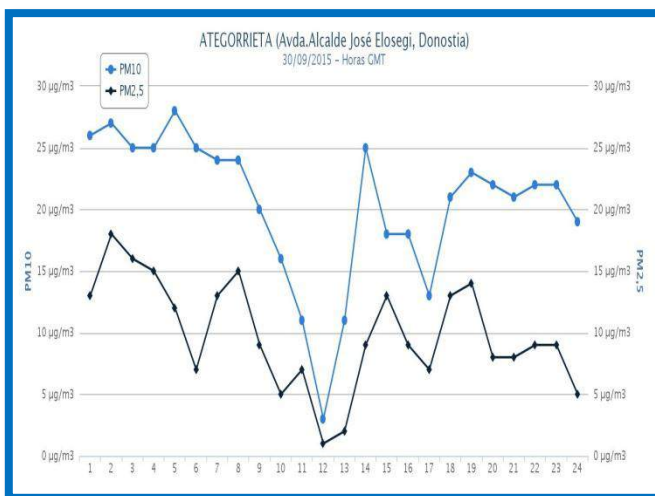
Gráfico 4: Datos horarios estación EL CIEGO- 20 septiembre 2015



Fuente: Datos horarios- estaciones meteorológicas País Vasco

En el gráfico 4 se aprecia la concentración del NOx vs O3 para la estación EL CIEGO, notoriamente de los valores registrados los más altos corresponden al O3, siendo su máximo alrededor de los 100 µg/m³ ; este se le atribuye a las reacciones fotoquímicas de la atmosfera que traen consigo la formación del ozono. Contrario a ello el máximo para el NOx es de 80 µg/m³ debido a los escapes de los vehículos motorizados y en la quema de combustibles fósiles.

Gráfico 5: Datos horarios estación ATEGORRIETA -20 septiembre 2015



Fuente: Datos horarios- estaciones meteorológicas País Vasco



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Se puede analizar que los datos horarios de concentración de PM10 y PM2.5 para la estación ATEGORRIETA ubicada al noreste del país vasco, tienen grandes variaciones en sus concentraciones en el transcurso del día. La concentración de PM2.5 es menor en todo el día, de esta forma el máximo horario es de PM10 en las horas de la mañana, mientras que el valor más mínimo es alrededor de las 12 pm para ambas concentraciones. Esta zona registra altos índices de partículas en suspensión proveniente de los caminos y las industrias, así como partículas generadas por la combustión.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que las concentraciones más altas son registradas en las horas de la mañana debido a la presencia de contaminantes tales como la combustión, el flujo vehicular y las industrias, siendo estos los focos de contaminación más representativos en el país vasco.

Para terminar, la zona noreste del país denota gran contaminación de ozono troposférico; este pese a ser un contaminante secundario trae consigo repercusiones sobre todo el país vasco principalmente hacia el medio ambiente, a través de la circulación de esta contaminación.

A partir de la información recopilada y analizada de la red de monitoreo de calidad de aire del país vasco, se puede concluir que Colombia se encuentra muy atrasada en la temática de calidad de aire, ya que no se encuentra con un control y vigilancia para la contaminación atmosférica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Behrentz, E. (2009). Memorias II Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad del Aire y Salud Pública. In Caracterización de las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles en Bogotá e identificación de sus fuentes (p. 385).

Ministerio de Ambiente Vivivenda y Desarrollo Territorial. (2010). Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. In Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (p. 137).

Red de calidad del gobierno vasco; © 2015 · eusko jaurlaritza - gobierno vasco.

Liakakou, e., bonsang, b., williams, j., kalivitis, n., kanakidou, m. and mihalopoulos, n. (2009). c2–c8 nmhcs over the eastern mediterranean: seasonal variation and impact on regional oxidation chemistry. atmospheric environment 43, 5611-5621.

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL MUNICIPIO DE LETICIA –AMAZONAS (COLOMBIA) Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MANEJO DE LAS PRINCIPALES EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Fernando Gutiérrez-Fernández*; Daniela Campos Bonilla**

*Ph.D. Fernando Gutiérrez-Fernández. Profesor Asociado, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad El Bosque, e-mail: gutierrezluisf@unbosque.edu.co

** Ing. Daniela Campos Bonilla. Grupo de Investigación Agua, Salud y Ambiente. Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad El Bosque, e-mail: dcamposb@unbosque.edu.co

Resumen

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC –por sus siglas en inglés) predice que el promedio de las temperaturas de la superficie terrestre se incrementen entre 1.8°C – 4.0°C para 2100. (UNWTO. 2008. P.4). La OMT reconoce que el sector de turismo y de viajes tiene que adaptarse al cambio climático y a los cambios que se sucederán en el futuro inmediato, para garantizar que los individuos, las comunidades y las naciones continúen recibiendo los beneficios del turismo, incluyendo el desarrollo sostenible en los países menos adelantados. Este es el caso de la ciudad de Leticia, que se encuentra ubicada en el extremo sur de Colombia, a orillas del río Amazonas y es la capital del Departamento y cuya actividad principal es el turismo.

Para lograr calcular la Huella de Carbono de Leticia, que es un indicador que a través de un inventario mide la producción de gases efecto invernadero (GEI) generados por las diferentes actividades de personas, empresas, eventos, gastronomía, etc., se adaptó una metodología ampliamente utilizada para este fin, que es la de GHG protocol.

Mediante dicha metodología se estableció la cantidad de Toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera, por la ciudad de Leticia y la cantidad de contaminación que es atribuible a lo que se ha llamado “Destino Turístico Sostenible”, que es el área de la ciudad con mayor infraestructura hotelera, de restauración y de atractivos turísticos; con el fin de proponer medidas de manejo de GEI de las principales fuentes de emisión y contribuir de esta forma al desarrollo sostenible del turismo y de la ciudad.

Palabras Clave

Cambio Climático, Efecto Invernadero, Huella de Carbono, medidas de manejo.

Abstract

Climate change is a global problem, and currently affects significantly to Colombia, generating increases in temperatures, changes in precipitation, among other negative effects; threatening the lifestyle of many populations, affecting their environment, livelihoods and development. Therefore, this paper aims to show the impact and contribution generated sustainable tourist destination Leticia (STDL).





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



To achieve the goal, the first step was to conduct a survey of the area of study and identify the main sources of emissions of greenhouse effect gases - GHG (Ground Transportation, Propane Gas Consumption, Water Transport, Air Transport, Consumer Refrigerant Gases in air conditioners, Power Consumption and Solid Waste Generation), then, by means of the tool or indicator "Carbon Footprint", the measurement of the amount of Tons of CO₂ emitted into the atmosphere; data with which the proposed management measures GHG emission main sources DTSL was designed.

This research contributes to the awareness of society on the issue and himself as a side effect, improves their quality of life and positively impacts the various social, economic, and mainly environmental aspects of the study area, contributing in the future to climate change mitigation and sustainable development of Colombia.

Key Words: Climate Change, Greenhouse, carbon footprint, management measures.

INTRODUCCIÓN

Múltiples actividades naturales y antrópicas son las directas responsables del Cambio climático, pero el aumento de la población humana, sus actividades (agricultura, industria, turismo, etc), y así mismo el incremento en la demanda de recursos naturales, ha desplazado al efecto invernadero natural como uno de los principales responsables y ha sido sobrepasado por el impacto de la actividad humana, es decir, ha convertido al efecto invernadero antrópico en el principal generador de GEI.

Colombia represento alrededor del 1,5% de emisiones de CO₂e (dióxido de carbono equivalentes) per cápita del 100% a nivel mundial en el año 2008 (ANDI, 2010); aun siendo un porcentaje muy bajo en comparación con otros países industrializados, como Estados Unidos o Brasil, este porcentaje influye en los efectos producidos por la acumulación de GEI en la atmósfera, es decir, en los efectos futuros ocasionados por el cambio climático.

De acuerdo a las proyecciones, las consecuencias futuras en el país (2050) serán aumentos de la temperatura anual, variaciones en las precipitaciones, desaparición de gran porcentaje de nevados y paramos, y por último, ascensos del nivel del mar, perjudicando el turismo al deteriorar muchos de los atractivos de los que se beneficia la actividad.

La ciudad de Leticia es especialmente sensible al deterioro de la biodiversidad y recursos naturales que ocasiona el cambio climático, ya que es uno de los "hotspots" que se encuentra en la tierra, y que son áreas geográficas que contienen altos niveles de diversidad de especies , pero que están amenazadas de extinción.

Por la importancia biológica que alberga Leticia y por ser su principal actividad el turismo, se seleccionó como caso de estudio para el cálculo de la huella de carbono. Este cálculo va a permitir que los prestadores de servicios turísticos y las diferentes Instituciones públicas, cuenten con una herramienta de gestión con la cual reducir sus emisiones de GEI.

METODOLOGÍA





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Para la presente investigación se siguió una línea de tres pasos:

Establecer una línea base actualizada del destino turístico de Leticia e identificar las principales fuentes de emisiones

Medir la Huella de Carbono del destino turístico

Elaborar una propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI.

Para establecer la línea base del destino turístico de Leticia se realizó una delimitación geográfica y descripción del destino turístico, de manera participativa, para lo cual se realizó un análisis de involucrados, donde se establecieron sus funciones, intereses, potenciales, limitaciones, y consecuencias, frente al proyecto.

Posteriormente se identificaron las fuentes de emisiones de Gases Efecto Invernadero, dividiéndolas en tres categorías:

Estacionarias o fijas, que incluyen las emisiones generadas dentro de instalaciones o edificaciones; tales como, consumo de energía eléctrica, quema de combustibles para preparar alimentos y calefacción, uso de combustibles en motores y equipamiento, entre otros.

Móviles, que incluyen todas las emisiones de GEI generadas por el transporte de personas y bienes.

Otras Emisiones

Posteriormente teniendo en cuenta la delimitación del destino turístico y la complejidad en la obtención de la información, se realizaron dos mediciones de huella de carbono (para la totalidad del municipio de Leticia y para el área del municipio que se considera Destino Turístico) de la siguiente forma:

Paralelamente se realizó la selección de la metodología del cálculo de la Huella de carbono (HC), con ayuda de la matriz de herramientas metodológicas y finalmente se realizó el cálculo de la Huella de carbono (HC), para ello se debieron establecer los factores de emisión, de conversión, y las ecuaciones a utilizar, como se muestra a continuación:

Factores de Emisión y de conversión

“Los factores de emisión relacionan de forma numérica los datos de la actividad con las emisiones de GEI. Son característicos de cada fuente de emisión y de cada GEI generado. Los factores de emisión también pueden ser característicos del lugar donde se generan las emisiones” (Huella de Ciudades. 2013). Por esta razón, se deben establecer los factores de emisión y de conversión a nivel nacional; en este caso usaremos diferentes fuentes:

Gases refrigerantes

Para realizar el cálculo de este tipo de gases es necesario establecer los poderes caloríficos de cada uno; para este caso se plantearon los poderes caloríficos de todos los GEI presentes en el DTSL a partir de diferentes fuentes bibliográficas:





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Tabla 1. Poderes Caloríficos de los GEI.

GEI	PODER CALORÍFICO	FUENTE
CO ₂	1	Espíndola, C.
N ₂ O	298	Valderrama, J.
CH ₄	25	2012
R-410A	1,725	ASHRAE standard 34
R-22	1,810	PAS 2050,2008

Fuente: Elaboración propia a partir de Espíndola, C., & Valderrama, J., 2012; GHG Protocol, 2005; Rey, C. A., 2014.

Combustibles, Generación y consumo de energía, generación de Residuos Sólidos

Tabla 2. Factores de Emisión

Combustible/ Actividad	Factor de Emisión			Unidades	Fuente de Información
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄		
Diesel Genérico	74,01	--	--	kg CO ₂ eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Gasolina Genérica	69,25	--	--	kg CO ₂ eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Queroseno	71.45	--	--	kg CO ₂ eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Gas propano (GLP)	63.02	--	--	kg CO ₂ eq/GJ	ACCEFYN, 2003
Generación eléctrica	1,2282	--	--	kg CO ₂ eq/kWh	UPME, 2009.
Factor de Emisión de MO	--	--	0,003	m ³ /kg	Dirección de Cambio Climático & Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina, 2008

Fuente: Elaboración propia a partir de ACCEFYN., 2003; IPCC., 2001; Aguilar, O. L., 2012; Rey, C. A., 2014.

Ecuaciones de la Huella de Carbono

ALCANCE 1

Consumo de Combustible: Transporte Terrestre

El cálculo de las emisiones generadas por el consumo de combustibles por fuentes móviles se divide teniendo en cuenta que el transporte terrestre se encuentra en el Alcance 1 y el transporte fluvial y aéreo en el 2. La ecuación del transporte terrestre consiste en:





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Emissiones de CO_{2eq}.

$$= D \times \frac{1 \text{ gal combustible}}{X} \times FE$$

$$\times FC$$

Donde,

D: Distancia recorrida (km)

X: Distancia recorrida por galón consumido de combustible (km)*

FE: Factor de emisión del combustible

FC: Factor de conversión

Consumo de Combustible en Residencias: Gas Propano

Emissiones de CO_{2eq}.

$$= CON_{gp} \times \frac{(FE_{gp} \times FC_{gp})}{1000}$$

Donde,

CON_{gp}: Consumo Anual del Gas Propano (m³/año)

FE_{gp}: Factor de Emisión del gas propano

FC_{gp}: Factor de conversión del gas propano

ALCANCE 2

Consumo de Combustible: Transporte Fluvial

La ecuación para el transporte fluvial consiste en:

Emissiones de CO_{2eq}.

$$= D \times \frac{1 \text{ gal combustible}}{X} \times FE$$

$$\times FC$$

Donde,

D: Distancia recorrida (km)

X: Distancia recorrida por galón consumido de combustible (km)*

FE: Factor de emisión del combustible

FC: Factor de conversión

Trayecto por persona: Transporte Aéreo

La ecuación para el transporte aéreo se estableció por trayecto/persona, mediante la siguiente ecuación:

$$Emissiones de CO_{2eq.} = [(C \times P)]$$

Donde,





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES



C: Cálculo medio de emisiones de CO₂ durante el vuelo por pasajero: 100,52 kg/per [36].

EN TORNO AL CAMBIO CLIMÁTICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

P: Número de pasajeros anual: 38189

Consumo de Gases Refrigerantes en Aires Acondicionados

Para establecer este tipo de emisiones la ecuación consiste en:

$$Emisiones = (P * GWP * (CF)) \quad (5)$$

Dónde:

P: Suma de todo el refrigerante adquirido durante el año.

GWP: Potencial de calentamiento global del refrigerante

CF: 1 kg/1000 g. Para realizar la conversión de gramos a kilogramos.

Consumo de energía

La ecuación para establecer las emisiones de este sector consiste en:

$$Emisiones \text{ de } CO_{2eq} = \text{Datos de la actividad (Kwh)} * \text{Factor de emision de } CO_2$$

ALCANCE 3

Generación de Residuos Sólidos

Estas emisiones serán calculadas a partir de la siguiente fórmula:

$$Emisiones = RES \times CF \times MO \times FEres \times Dmet \times \frac{PCG}{1000}$$

Donde,

RES: Cantidad de residuos producidos al año (ton)

CF: 1000 kg/ 1 tonelada. Para realizar la conversión de toneladas a kilogramos.

MO: Contenido de materia orgánica por kg de residuo: 0,55

FEreso: Factor de emisión de la materia orgánica

Dmet: Densidad del metano: 0,668 kg/m³

PCG: Potencial de calentamiento global del GEI (metano)

Elaborar una propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI.

Finalmente en el último objetivo, se realizaron dos actividades, primero definir los lineamientos de la propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI, tomando como referencia el documento Tecnologías, Políticas, y medidas para mitigar el Cambio Climático realizado por el IPCC en 1996. La segunda fue el análisis, interpretación y redacción de la Propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI, mediante fichas para cada fuente de emisión.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



RESULTADOS

Establecer una línea base actualizada del destino turístico de Leticia e identificar las principales fuentes de emisiones

Dentro de la delimitación de los límites del destino se estableció llegar hasta el Km 19 vía Tarapacá incluyendo a las comunidades indígenas de San Sebastián de Los Lagos (Km. 2.5), San José Km. 6 y la comunidad del Km. 11, ubicadas sobre la vía de la carretera. En varios tramos hay fincas y reservas privadas; es una vía llena de servicios de recreación restaurantes y balnearios. En esta zona también se encuentra el lugar de disposición de basuras (botadero a cielo abierto) del municipio (proceso de cierre) en el Km 4 + 500 metros, y el relleno sanitario (inició operación el 5 de Septiembre) en el km 17 + 200 metros.

La zona urbana comprende dos vías principales, la carrera 11 y la carrera 10, también conocida como la avenida Vázquez Cobo. Se encuentra compuesta por distintos atractivos turísticos, un gran sector comercial y hotelero, variedad de edificios administrativos, el hospital San Rafael y otros centros de atención médica, el muelle, la planta de energía y la comunidad residencial. Dentro de esta zona se incluye el aeropuerto internacional Alfredo Vázquez Cobo.

Tabla 3. Fuentes Fijas del DTSL

SECTOR	TIPO DE EMISION	DESCRIPCIÓN
Sector residencial: Emisiones generadas en instalaciones utilizadas como vivienda, tanto en zona urbana como rural.	Emisiones directas	Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO
	Emisiones indirectas por energía	Consumo de energía eléctrica dentro de las viviendas como en equipos eléctricos, iluminación, etc). Emisiones por gases refrigerantes
Sector comercial: Comprende las emisiones generadas en instalaciones de tipo comercial	Emisiones directas	Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO
	Emisiones indirectas por energía	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico, iluminación, etc.) Emisiones por gases refrigerantes
Sector hotelero: Comprende las emisiones generadas dentro de los hoteles	Emisiones directas	Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO
	Emisiones indirectas por energía	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico, iluminación, motobomba etc.) Emisiones por gases refrigerantes
Edificios Administrativos: Comprende las emisiones generadas dentro de los edificios administrativos de la	Emisiones directas	Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO
	Emisiones indirectas por energía	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico, iluminación,





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES



SECTOR	TIPO DE EMISION	DESCRIPCIÓN
zona, tanto públicos como privados		motobomba etc.) Emisiones por gases refrigerantes
Emisiones directas = Alcance 1		Emisiones indirectas por energía = Alcance 2

Fuente: Elaboración propia a partir de la “Estructura de Reporte GPC 2012 para el nivel de reporte Básico”, consultada en Huella de Ciudades, 2013.

Tabla 4. Fuentes móviles del DTSL

SECTOR	TIPO DE EMISION	DESCRIPCIÓN
Transporte Terrestre Emisiones generadas por consumo de combustibles fósiles y energía eléctrica en transporte sobre carretera, camino o vía (consumos de gasolina, diésel, GNC y GLP en vehículos)	Emisiones directas	Por consumo de combustibles en vehículos que circulan dentro del DTSL.
Transporte fluvial Incluye el consumo de combustibles en transporte marítimo o lacustre.	Emisiones indirectas	Consumo de combustible por transporte fluvial que se origina dentro de los límites del DTSL y termina fuera de ellos.
Transporte aéreo Consumo de combustibles por transporte aéreo.	Emisiones indirectas	Consumo de combustibles en viajes aéreos que se originan y arriban al aeropuerto Internacional Vásquez Cobo
Emisiones directas = Alcance 1		Emisiones indirectas por energía = Alcance 2

Fuente: Elaboración propia a partir de la “Estructura de Reporte GPC 2012 para el nivel de reporte Básico”, consultada en Huella de Ciudades, 2013.

Emisiones Alcance 3: Otras Indirectas o emisiones por fuentes de área

En esta categoría se encuentra el sector titulado “Disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios” y corresponde a las emisiones que resultan de la generación y degradación de los residuos sólidos dentro de los límites del DTSL.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES

EN TORNO AL CAMBIO CLIMÁTICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Dentro de esta categoría se encuentran el botadero, el cual se encuentra en funcionamiento desde el mes de Junio del año 2009 y el relleno sanitario que inició su funcionamiento en el mes de Septiembre de 2014. Se calcula que estos sitios de disposición final reciben cerca de 25 toneladas de residuos al día (Alcaldía de Leticia, 2013).

Tabla 5. Fuentes excluidas del DTSL

SECTOR	TIPO DE EMISION	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN
Transporte terrestre Emisiones generadas por consumo de combustibles fósiles y energía eléctrica en transporte sobre carretera, camino o vía (consumos de gasolina, diésel, GNC y GLP en vehículos)	Emisiones indirectas	Emisiones generadas por consumo de combustible en transporte que se origina dentro del destino turístico y cuyo destino esta fuera de los límites establecidos, o que se origina fuera de los límites y cuyo viaje termina en el DTSL.	Existen dos estaciones de servicio, de la empresa Terpel, dentro de la ciudad, una ubicada dentro del DTSL y otra fuera de él. Por consiguiente, es demasiado complejo establecer este tipo de emisiones y excede los límites de tiempo de la investigación.
Transporte fluvial Incluye el consumo de combustibles en transporte marítimo o lacustre.	Emisiones directas	Consumo de combustible en transporte fluvial que se origina y termina dentro de los límites del DTSL.	Este transporte presta sus servicios desde el malecón o puerto civil, hacia comunidades ubicadas en zona internacional (Perú, Brasil) y zona nacional (Colombia), y viceversa, es decir, fuera del DTSL. Por consiguiente solo es posible realizar la medición de emisiones Indirectas.
Transporte aéreo Consumo de combustibles por transporte aéreo.	Emisiones directas	Consumo de combustible en viajes aéreos que se origina y terminan dentro de los límites del DTSL	Este transporte presta sus servicios desde el aeropuerto hacia destinos internacionales (Perú, Brasil) y nacionales (Colombia), y viceversa, es decir, fuera del DTSL. Por consiguiente solo es posible realizar la medición de emisiones Indirectas.
Sector educativo: Comprende las emisiones generadas en las plantas educativas	Emisiones directas	Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO	No se disponen de datos suficientemente fiables para realizar los cálculos.
	Emisiones indirectas por energía	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipo eléctrico, iluminación, etc.) Emisiones por gases	



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES



SECTOR	TIPO DE EMISION	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN
		refrigerantes	
Sector de Salud: Comprende las emisiones generadas dentro de los centros de los centros de asistencia médica	Emisiones directas	Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO	Por ser un sector con pocos establecimientos en el DTSL el aporte estimado de sus emisiones puede ser mínimo
	Emisiones indirectas por energía	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (equipos médicos, iluminación, etc.) Emisiones por gases refrigerantes	
Zonas de reserva: Comprende las emisiones generadas dentro de los parques ecológicos y zonas de reserva natural	Emisiones directas	Consumo de combustibles para la zona de cocina: GAS PROPANO	El impacto producido por estas zonas es mínimo ya que en la gran mayoría cocinan con leña (no hay consumo de gas propano), algunas tienen electricidad pero se encuentran interconectadas y los aires acondicionados son prácticamente nulos
	Emisiones indirectas por energía	Consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones (televisores, iluminación, etc) Emisiones por gases refrigerantes	
Sector industrial: Incluyen las emisiones generadas dentro de las instalaciones de la central de generación diesel de Leticia	Emisiones directas	Consumo de combustibles fósiles (diesel) en maquinaria industrial de forma estacionaria (Termoeléctrica) Emisiones por gases refrigerantes	No se disponen de datos suficientemente fiables para realizar los cálculos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Huella de Ciudades, 2013.

Recolectar y sistematizar la información, para medir la Huella de Carbono del destino turístico:

Después de analizar 4 metodologías (seleccionadas por su afinidad con los objetivos del proyecto; finalmente), se decidió optar por adaptar la metodología GreenHouse Gas Protocol (GHG) a los requisitos de la investigación, y teniendo en cuenta que esta metodología no contempla muchos aspectos de manera territorial o “ciudad” también se optó por soportar la investigación y las ecuaciones con el documento “La Huella de Carbono Versión 1.0: Huella de Carbono del Argentino promedio” realizado por la Dirección de Cambio Climático & Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina.

Calculo de la Huella de Carbono

En la tabla No. 6 se puede ver los resultados del cálculo de la huella de carbono para el Destino Turístico sostenible de Leticia





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES



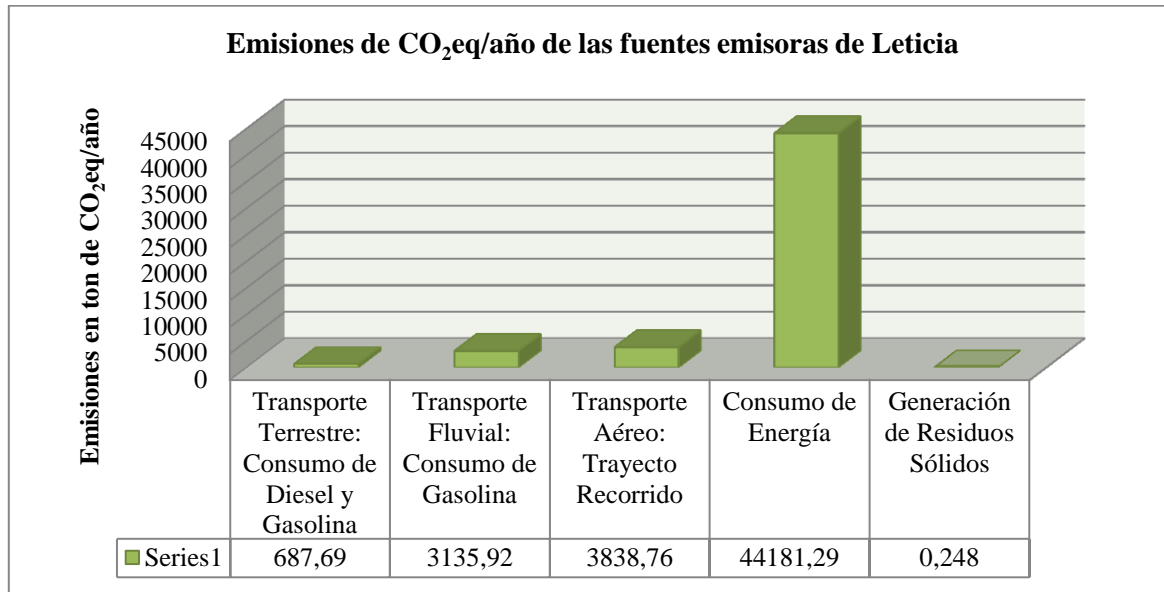
Tabla 6. Emisiones de CO₂eq/año de las fuentes emisoras de Leticia

EN TORNO AL CAMBIO CLIMÁTICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

ALCANCE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (ton CO ₂ eq/año)
1	Transporte Terrestre: Consumo de Diesel y Gasolina	687,69
2	Transporte Fluvial: Consumo de Gasolina	3135,92
2	Transporte Aéreo: Trayecto Recorrido	3838,76
2	Consumo de Energía	44181,29
3	Generación de Residuos Sólidos	0,248
	TOTAL	51843,908

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 1. Emisiones de CO₂eq/año de las fuentes emisoras de Leticia



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Emisiones de CO₂eq/año de las fuentes emisoras del DTSL

ALCANCE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (ton CO ₂ eq/año)
1	Transporte Terrestre: Consumo de Diesel y Gasolina	484,54
1	Consumo de Gas propano	2,77
2	Transporte Fluvial: Consumo de Gasolina	2209,57





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES

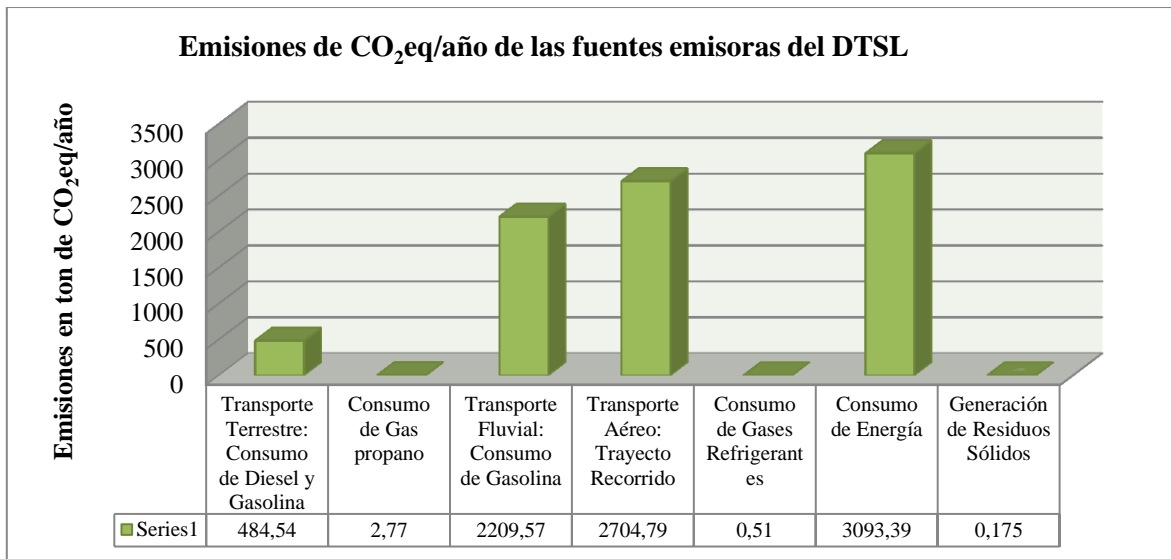


EN TORNO AL CAMBIO CLIMÁTICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

2	Transporte Aéreo: Trayecto Recorrido	2704,79
2	Consumo de Gases Refrigerantes	0,51
2	Consumo de Energía	3093,39
3	Generación de Residuos Sólidos	0,175
	TOTAL	8495,745

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2. Emisiones de CO₂eq/año de las fuentes emisoras del DTSL



Fuente: Elaboración propia

Las principales fuentes de emisión y de mayor impacto del DTSL son “Consumo de energía” y “Transporte aéreo”, ambas superando las dos mil toneladas. La totalidad de la Huella de carbono del municipio de Leticia arroja 51.843,908 ton CO₂eq/año, y del DTSL 8.495,745 ton CO₂eq/año, evidenciando que la HC del municipio es mayor por 43.348,16 ton CO₂eq/año.

Elaborar una propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI.

La propuesta de medidas de manejo esta enfocada en proponer opciones mitigatorias que permitan disminuir el impacto ambiental, apuntando a reducir los efectos del cambio climático y finalmente mejorando la calidad de vida de visitantes, turistas y locales. Es una propuesta básica que cuenta con los siguientes puntos:

FUENTE Y/O SECTOR: En este campo se incluyeron las fuentes de emisión identificadas (Transporte terrestre, Consumo de Gas Propano, Transporte Fluvial, Transporte aereo, Consumo de Gases Refrigerantes en aires acondicionados, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos).





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES



EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

MEDIDAS: En este campo se establecieron las medidas para reducir las emisiones de GEI (potenciales, acuerdos voluntarios, medidas reglamentarias, entre otras), estas medidas se encuentran adaptadas a las necesidades y requisitos de cada fuente de emisión y a las condiciones nacionales, regionales y locales del área de estudio

OPCIONES TÉCNICAS: Las opciones técnicas para mitigar las emisiones de los GEI, son actividades específicas enfocadas a la implementación de nuevas tecnologías, y que fortalecen las medidas propuestas.

BENEFICIOS Y/O EFECTOS AMBIENTALES: En este campo se describieron los beneficios de las medidas y las opciones técnicas sobre el medio ambiente y en algunas fichas se presentaron beneficios a la comunidad.

Análisis, interpretación y redacción de la Propuesta de medidas de manejo para las principales fuentes de emisiones de GEI: Fichas por fuente de emisión

El creciente desarrollo económico del municipio de Leticia, liderado por la actividad turística, ha generado un impacto, tanto negativo como positivo, sobre el territorio. En la actualidad se presentan mayor cantidad de locales dedicados al comercio y al negocio de la comida, mayor cantidad de hoteles, incremento en la frecuencia de embarcaciones y vuelos, crecimiento de la flota de transporte terrestre, entre otros; indicando que la infraestructura de servicios turísticos se fortalece, no obstante, este incremento genera una mayor cantidad de fuentes de emisión de GEI, las cuales contribuyen con el calentamiento global.

La actividad turística en el Amazonas está liderada por sus atractivos de gran biodiversidad y vida silvestre, por lo tanto si no se toman las medidas necesarias para controlar el impacto negativo que genera el desarrollo de esta actividad, toda esa riqueza se verá afectada, y así mismo la calidad de vida de los habitantes del municipio. Es por esa razón que se presenta la siguiente propuesta de medidas de manejo de GEI, la cual resumirá medidas, opciones técnicas y beneficios ambientales para cada sector y/o fuente de emisión, en las siguientes fichas¹:

Tabla 8. Ficha de medidas para el sector de Transporte Aéreo

SECTOR	Transporte Aéreo
MEDIDAS	<p>Medida Reglamentaria:</p> <p>Decreto 948 del 5 de Junio de 1995: “Por el cual se reglamenta; parcialmente, la Ley 23 de 1973; los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto- Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire”.</p> <p>Resolución 01624 del 2007: “Por la cual se reenumeran y actualizan normas sobre seguridad de la aviación civil y se incorporan como Parte Décimo Séptima a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia”:</p> <p><u>Control de seguridad del Medio Ambiente:</u> Protección del medio ambiente, de las especies animales y vegetales, así como también, los procedimientos relacionados con la calidad del agua, transporte de alimentos y manejo integral de residuos líquidos o sólidos.</p> <p>Medida Potencial: Para mejoras en planificación e infraestructura:</p> <p>Mejorar la eficiencia del Combustible</p>





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMÁTICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



	<p>Mejorar el control del tránsito aéreo</p> <p>Mejorar la gestión de la flota y de las rutas</p> <p>Utilizar combustibles alternativos, energías limpias, y pensar en construcciones de aeronaves más ligeras (proyectos a largo plazo)</p>
OPCIONES TÉCNICAS	<p>Controlar las emisiones de GEI</p> <p>Reducir el tráfico y reducir la intensidad energética, mejorando el mantenimiento y diseño de las aeronaves (si es necesario).</p> <p>Mejorar la gestión y los planes de los vuelos, reduciendo demoras y optimizando aspectos.</p> <p>Aumentar el factor de carga de la aeronave.</p> <p>Combustibles como aceite de cocina reciclado, o energía limpia como la energía solar, son alternativas interesantes, y varios estudios sustentan la viabilidad de los proyectos.</p>
BENEFICIOS Y/O EFECTOS AMBIENTALES	<p>Mayor reducción porcentual a largo plazo en los GEI de las aeronaves, y así mismo en la proximidad del aeropuerto, reduciendo la contaminación atmosférica.</p> <p>Mejorar la prestación y eficiencia de los servicios de transporte aéreo, tanto de pasajeros como de carga.</p> <p>Largo plazo: estabilizar el impacto ambiental y tener un crecimiento nulo de CO₂</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de Decreto 948, 1995; Resolución 01624, 2007; IPCC 1996; Herrera, García, A., & Vales, Cordero, N.A. 2013.

Tabla 9. Ficha de medidas para las emisiones por consumos de Energía

SECTOR	Consumos de Energía
MEDIDAS	<p>Medida voluntaria</p> <p>Implementar medidas para el uso eficiente de la energía, que permitan utilizar la iluminación natural, y se vea representado en la factura de energía.</p>
OPCIONES TÉCNICAS	<p>Reemplace los focos incandescentes por focos fluorescentes.</p> <p>Mantenga limpias las lámparas y las pantallas, aumentará la luminosidad sin aumentar la potencia.</p>





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



	<p>Aproveche la luz natural, y evite encender las luces durante el día. Usar colores claros en las paredes para reducir la necesidad de iluminación artificial.</p> <p>Evite el uso de ventiladores y aires acondicionados, utilizando la ventilación natural.</p> <p>Electrodomésticos eficientes: De bajo consumo de electricidad. Desconectar los electrodomésticos mientras no estén siendo utilizados.</p> <p>Equipo de oficina: Ordenadores eficientes. Configurar los computadores en "ahorro de energía", asegura reducir el consumo de electricidad hasta un 50%.</p> <p>Impresoras, fotocopiadoras, faxes, etc., por separado consumen menos que un aparato multifuncional, pero si se ha de realizar más de una función son mucho más eficientes estos aparatos</p> <p>Gestión de energía: Sistemas avanzados de gestión de energía en los edificios</p> <p>Utilizar equipos y dispositivos energéticamente eficientes, tales como controladores de presencia o de movimiento para controlar la iluminación en la noche.</p> <p>En lugares donde la luz es continua o por largos periodos como señales, salidas de emergencia, gradas, corredores, etc, utilice LED (Light Emitting Diodes).</p> <p>Capacite a los empleados en normas de eficiencia energética en áreas sociales.</p> <p>Informe a empleados y visitantes sobre la importancia de las medidas de ahorro (con carteles informativos donde se hable de la importancia de apagar luces, ventiladores, acondicionadores de aire y televisores cuando salgan de la habitación o cuando no los estén utilizando).</p>
<p>BENEFICIOS Y/O EFECTOS AMBIENTALES</p>	<p>Menos impactos sobre la tierra, el aire y el agua debido a la extracción, el transporte y la transmisión, la conversión y el uso de energía.</p> <p>Ahorros beneficiosos para la economía</p> <p>Reducción en la emisión de GEI.</p>

Fuente: Elaboración propia





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La delimitación geográfica del destino turístico de Leticia abarca gran parte del territorio del municipio, ya que comprende dos de las vías principales (carrera 11 y carrera 10) del casco urbano, que atraviesan el municipio y parte de la vía Tarapaca que inicia entre el zoológico y el batallón de ingenieros, dentro de la delimitación se incluyó únicamente el área hasta el km 19. Se observa que la delimitación del destino abarcó más del 50% del territorio del municipio, haciendo el terreno de estudio muy amplio, por lo que fue necesario dividir el destino en sectores, estableciendo mediante fichas de campo y un cuadro de involucrados, un total de 13 involucrados principales (Empresa de energía para el Amazonas (ENAM), Aeropuerto Internacional Alfredo Vásquez Cobo, Botadero de residuos de Leticia (proceso de cierre) y Relleno Sanitario del municipio, Sector hotelero, Sector comercial, Edificios administrativos, Sector transporte fluvial, Sector transporte terrestre, Sector de salud, Sector educativo, Sector Reservas Naturales y Parques Ecológicos, Comunidad residencial (urbana y rural), Secretaria de Competitividad, Medio Ambiente y Turismo del municipio de Leticia); donde, su identificación permitió agrupar a gran escala todas las fuentes de emisión presentes en el DTSL.

La agrupación anterior requería de un análisis y una caracterización, por esta razón, primero se realizó una identificación gráfica de todas las fuentes permitiendo una visión más completa de la zona de estudio; más adelante los involucrados fueron divididos en tres categorías:

Estacionarias o fijas (Sector residencial, Sector comercial, Sector hotelero, Edificios Administrativos, Sector industrial, Sector Reservas Naturales y Parques Ecológicos).

Móviles (Transporte sobre vía, Transporte marítimo, Transporte aéreo).

Emisiones Otras Indirectas (Botadero y Relleno Sanitario).

Dentro de cada categoría se identificó el tipo de emisión (directa o indirecta) y se realizó una descripción de cada una; lo que permitió identificar en que alcance se encontraba la emisión (1, 2 o 3).

Durante el análisis se lograron excluir algunos sectores y tipos de emisiones por diferentes razones, lo cual permitió concentrarse en las fuentes de emisión principales del DTSL (Transporte terrestre, Consumo de Gas Propano, Transporte Fluvial, Transporte aereo, Consumo de Gases Refrigerantes en aires acondicionados, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos).

La recolección y sistematización de la información requirió de trabajo de campo, ya que muchos datos no se encontraban establecidos en empresas sino requerían de consulta con la comunidad, por esta razón se establecieron dos procesos de recolección, el primero a través de solicitud de información a diferentes entidades y la segunda a través de inmersión en campo con entrevistas a la comunidad y un formato de recolección de datos por sector.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Ejemplo de lo anterior son los datos de la cantidad de medios de transporte de las fuentes móviles terrestres y fluviales se obtuvieron con ayuda de la Secretaria de Transito y Capitanía de puerto, sin embargo datos sobre el kilometraje recorrido al día o viajes realizados al día, de los consumos de combustible relacionándolo con la cantidad en dinero que se gasta a la hora de poner combustible; datos que fueron proporcionados por conductores y lancheros. Los datos de las fuentes móviles aéreas fueron proporcionados por la aeronáutica civil.

Los datos recolectados para gas propano, gases refrigerantes de los aires acondicionados, y consumo de energía fueron realizados en los sectores de mayor presencia en el DTSL (comercial, hotelero, edificios administrativos y residencial). Para establecer una muestra representativa de cada sector fue necesario utilizar un programa en Excel, este permitió establecer la muestra con el 90% de nivel de confianza y un 10% de error máximo de estimación, ya que la muestra no podía calcularse con un mayor porcentaje de nivel de confianza y un menor porcentaje de error máximo porque excedía los límites de tiempo de la investigación. El gas propano se obtuvo dependiendo de los envases de gas consumidos, los gases refrigerantes con la cantidad de aires acondicionados y la cantidad de gas de cada aire, y finalmente los consumos de energía (kWh) con las facturas de energía.

Teniendo en cuenta que se realizaron dos mediciones, una para Leticia y otra para el DTSL; fue necesario establecer el área del destino para así calcular por porcentajes. El área se calculó a través del programa "Google Earth", donde se estableció un polígono con tres puntos o sitios claves, la Central eléctrica de Leticia (termoeléctrica de la ENAM), el Aeropuerto internacional Alfredo Vásquez Cobo y el km 19 de la carretera o vía de los kilómetros (Leticia – km25), obteniendo un total de 4.205 km², lo que equivale al 70,46% del territorio.

Finalmente para la aplicación de la metodología del cálculo de la Huella de Carbono se siguieron 3 pasos, el primero establecer los factores de emisión y de conversión, el segundo establecer las ecuaciones con sus respectivos ajustes, y el tercero los resultados con tablas y gráficas de cada fuente emisora. El primer paso requirió de múltiples fuentes bibliográficas para que los factores fuesen representativos del lugar donde se generaron. Las ecuaciones requirieron de algunos cálculos extra, como en el caso de las fuentes móviles terrestres y fluviales, donde la distancia por galón consumido de combustible no estaba establecida.

El ultimo paso mostro la cantidad de emisiones que tiene el municipio de Leticia y el DTSL por cada alcance y fuente emisora. Como se especifico en la metodología, las fuentes emisoras que se tomaron para el municipio de Leticia son Transporte Terrestre, Transporte Fluvial, Transporte aereo, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos; y las fuentes emisoras para el DTSL son Transporte terrestre, Consumo de Gas Propano, Transporte Fluvial, Transporte aereo, Consumo de Gases Refrigerantes en aires acondicionados, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos.

En cuanto al municipio de Leticia, que comprende tanto el casco urbano como el rural, el sector de Transporte Terrestre (Alcance 1), presenta grandes emisiones por parte de los microbuses, esto se debe a que es el medio de transporte terrestre con mayor desplazamiento en el municipio, su recorrido consiste en conectar el casco





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



urbano con el rural, recorriendo en un solo viaje entre 11km y/o 20 km, es decir, al día recorre un promedio de 130 km. El sector de Transporte Fluvial (Alcance 2), presenta mayores emisiones por parte de las Lanchas y los Remolcadores, debido a que sus recorridos conectan con los destinos más lejanos, los cuales son Puerto Asis e Iquitos, superando un día de viaje, es decir llegando a recorrer más de 100000 km al año.

Teniendo en cuenta la información obtenida sobre el sector de Transporte Aéreo (Alcance 2), sus emisiones fueron calculadas unicamente para saber el impacto por el trayecto ya que no se contaban con datos suficientes para saber el impacto por consumo de combustible. Se trabajó con la cantidad de pasajeros anual y un dato suministrado por la agencia de viajes Paraiso Ecologico sobre el cálculo medio de emisiones de CO₂, realizado por medio de la pagina de la ICAO (International Civil Aviation Organization).

Las emisiones del DTSL por fuentes móviles (terrestres, fluviales y aéreas), y por la Generación de Residuos Sólidos, se obtuvieron a partir del porcentaje del área que representa el destino, por lo cual las emisiones disminuyen pero los resultados en porcentajes y comparaciones se mantienen igual que para el municipio. En cuanto a las emisiones por el consumo de gas propano (Alcance 1), se pensaría que el sector residencial tendría el de mayor impacto, ya que en toda casa se cocina, pero no es así; el sector de mayor impacto es el comercial, esto se debe a la gran cantidad de restaurantes, cafeterías, panaderías y locales de comida que llegan a consumir entre 1 o 2 envases de gas propano al día, por el contrario el sector residencial consume un envase cada mes o mes y medio.

Actualmente los Gases Refrigerantes (Alcance 2) presentes e identificados en los aires acondicionados en el DTSL son dos, el primero R-22, un HCFC, se encuentran vigentes en la actualidad, pero al tener cloro daña la capa de ozono y al tener hidrogeno son químicamente menos estables cuando suben a la atmosfera. Sin embargo tienen un potencial de agotamiento bajo. El segundo R-410A, un HFC, sustancia que contienen hidrógeno, flúor y carbono, por lo tanto no contienen cloro y no dañan la capa de ozono (SEMARNAT, 2006).

El primer gas tiene mayores emisiones en el sector de Edificios Administrativos y el segundo en el Sector Hotelero; el primero se puede deber a que existe gran cantidad edificios de esta índole y a que la gran mayoría son de gran antigüedad; y el segundo se puede deber a que aunque la muestra hotelera es pequeña, la gran mayoría de hoteles trabaja con múltiples aires acondicionados y aplican buenas practicas hoteleras, cabe resaltar que en la muestra residencial únicamente hay presencia del gas R-22.

El consumo de energía (Alcance 2) presenta grandes emisiones tanto en el sector hotelero como en el sector de Edificios Administrativos, esto se debe a la magnitud de los Edificios Administrativos ya que son instalaciones bastante grandes, con múltiples oficinas y material electrónico; así como los hoteles no solo consisten en habitaciones sencillas, sino que cada habitación suele tener nevera, televisor, ventilador y/o aire acondicionado, entre otros; a esto se le suman las zonas de restaurante, bar, recreación y la parte administrativa del hotel.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Finalmente realizando una comparación entre todas las fuentes emisoras, tanto en la Huella de Carbono de Leticia como en la Huella de carbono del DTSL, las principales fuentes con mayor impacto son las de “Consumo de energía” y “Transporte Aéreo”, y donde la totalidad de la Huella de Carbono del municipio de Leticia supera la del destino por 43.348,16 ton CO₂eq/año, evidenciando que a mayor área mayores emisiones, aun así cuando en el DTSL se midieron más fuentes de emisión.

Finalmente las medidas de manejo para las fuentes de emisión son en su gran mayoría “voluntarias”, esto se debe a que el compromiso e interés de la comunidad es de suma importancia en el desarrollo de las mismas, se pueden tomar como consejos prácticos que permitirán una mejor economía y ambiente en el hogar, el local, entre otros.

Al ser la zona de estudio un poco más del 70% del territorio del municipio de Leticia, se requiere realizar un trabajo articulado, comprometido y de cooperación entre todas las instituciones y la comunidad local y turista. Esta articulación permitirá llevar a cabo los aportes e incentivos económicos, las capacitaciones, cambio de equipos, entre otros; para finalmente lograr resultados óptimos y eficientes.

V. CONCLUSIONES

La delimitación del Destino Turístico de Leticia representa el 70,46% del territorio, lo que indica que es una extensión de gran amplitud y múltiples fuentes emisoras, por esta razón, el área de estudio se dividió en primera instancia en 13 involucrados, para luego realizar un análisis y una caracterización de los mismos, y así establecer las 7 principales fuentes de emisión del DTSL. Estas fuentes son: Transporte terrestre, Consumo de Gas Propano, Transporte Fluvial, Transporte aéreo, Consumo de Gases Refrigerantes en aires acondicionados, Consumo de Energía y Generación de Residuos Sólidos.

Los dos procesos de recolección de los datos, el primero a través de solicitud de información a diferentes entidades y el segundo a través de inmersión en campo con entrevistas a la comunidad y un formato de recolección de datos por sector, fueron de gran utilidad para entender las funciones y objetivos de las entidades, para escuchar diferentes opiniones de la comunidad sobre el tema y para verificar como la gente ha escuchado del calentamiento global pero no se encuentra familiarizado en su totalidad con el tema. El proceso a través de oficios a entidades fue el más largo, ya que muchas empresas demoraron entre 2 semanas a 5 semanas en contestar, y algunas no proporcionaron la información completa por políticas de la empresa.

Para la medición de la huella de carbono se realizó una adaptación de la metodología GHG, de tal forma que permitiera realizar las mediciones del municipio y del destino turístico.

Tanto en la huella de carbono del municipio de Leticia como en del DTSL, las principales fuentes de emisión y de mayor impacto son “Consumo de energía” y “Transporte Aéreo”. Donde la promoción del municipio de Leticia como destino turístico, su gran aceptación, y su gran potencial, han permitido observar el gran





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



incremento en el flujo de la población flotante y por ende en el consumo de los servicios básicos y recreativos de la zona, aumentando el impacto producido por el destino en su emisión de gases de efecto invernadero.

Las medidas propuestas contribuyen a la concientización de la sociedad sobre la problemática y así mismo, como un efecto secundario, a mejorar su calidad de vida e impactar positivamente en los diversos aspectos sociales, económicos, y principalmente ambientales del área de estudio, aportando en un futuro a la reducción del cambio climático y al desarrollo sostenible del país. Cabe resaltar que las energías y combustibles alternativos, la iluminación y ventilación natural, los transportes alternativos, entre otros, son de las principales medidas a tener en cuenta, ya que son medidas revolucionarias y de gran impacto positivo, donde la reducción de las emisiones de GEI alcanzaría un 80% ó un 90%.

Esta investigación, a través del cálculo de la huella de carbono del destino turístico de Leticia, determino un impacto ambiental generado por la emisión de GEI, y así mismo, propuso medidas de manejo para este; con el fin de generar una solución que contribuya a mitigar y reducir el cambio climático del país.

REFERENCIAS

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN), (2003). Factores de emisión de los combustibles colombianos. Bogotá.

Aguilar, O. L., (2012). Propuesta de manejo ecoeficiente para una escuela de formación de la policía a partir de su huella de carbono. (Tesis de Maestría). Chía – Cundinamarca: Universidad de la Sabana.

Alcaldía de Leticia: Jacqueline Obando Lugo & Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres Municipio de Leticia. (2013). Estrategia Municipal para la Respuesta a Emergencias.

ANDI, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. (2010). Colombia: Hacia una economía baja en carbono.

Decreto 948. Diario Oficial No. 41876, Bogotá D.C, Colombia, 5 de Junio de 1995

Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. Información Tecnológica, 23 (1), 165.

GHG Protocol. (2005). GHG Protocol HFC Tool (Version 1.0): Calculating HFC and PFC Emissions from the Manufacturing, Installation, Operation and Disposal of Refrigeration & Air-conditioning Equipment (Version 1.0).





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (1996). Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático.

IPCC. (2001). "Climate change 2001: Mitigation: Contribution of Working Group III to the third assessment report - apendice cuatro (IV) Units, Conversion Factors, and GDP Deflators". Consultado el 4 de Septiembre de 2014 en

http://books.google.com.co/books?id=ajcCLh6oCGkC&pg=PA457&lpg=PA457&dq=Climate+change+2001-Mitigation&source=bl&ots=WoeE5K_Slx&sig=QzJi7t7eQjflg-966O8V5tlfI2U&hl=es&sa=X&ei=CikJVKbbKcj5yQsJ64CYAg&ved=0CGgQ6AEwCA#v=onepage&q&f=false

Resolución 01624. Diario Oficial Número 46.606, Bogotá D.C, Colombia, 21 de Abril de 2007.

Rey, C. A., (2014). Estimación de la Huella De CO2 Equivalente de la Empresa Proenfar S.A.S. y Alternativas para su Reducción. (Tesis de Pregrado). Bogotá – Cundinamarca: Universidad del Bosque.

ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPLONITA

JUDITH YAMILE ORTEGA CONTRERAS

Directora Semillero Ciencia y Tecnología Ambiental, Universidad Francisco de Paula Santander. San José de Cúcuta, Colombia

* E-mail Yamile.limnologia@gmail.com

Resumen

Se entiende por estructura ecológica principal EEP, como el conjunto de los sistemas naturales que forman parte de la infraestructura del capital ambiental soporte para garantizar la protección y conservación de la biodiversidad, la prestación de servicios ecosistémicos y satisfacer las necesidades básicas de la población. El objetivo del estudio fue el de elaborar la estructura ecológica principal de la Cuenca del río Pamplonita, como resultado final de la fase del diagnóstico del proyecto de actualización del plan de ordenación y manejo de la Cuenca del Río Pamplonita, en cumplimiento del Art. 2.2.3.1.6.8. Del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015. La metodología utilizada se realiza a partir de la propuesta por el IDEAM, 2011, aplicada al todo el territorio Nacional a escala 1:500.000, los lineamientos se adaptan a escala de la Cuenca del Río Pamplonita; Su importancia radica en que fue el único proyecto de los cinco pilotos del País que obtuvo este resultado a nivel de Cuenca hidrográfica. Para su elaboración se requirió del concurso de un equipo interdisciplinario, los cuales aportaron insumos técnicos y cartográficos de los índices e indicadores de los servicios de provisión de agua, regulación de agua, moderación a movimientos en masa, moderación a eventos climáticos extremos hidrometeorológicos por precipitación, moderación a eventos climáticos extremos hidrometeorológicos por inundaciones, almacenamiento de carbono en el suelo y almacenamiento de carbono en la biomasa aérea. La consolidación de los servicios generaron tres escenarios de EEP, un primer escenario donde todos los servicios





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



tienen la misma importancia, el segundo se priorizan los servicios de provisión y regulación de agua, y un tercer escenario que prioriza los servicios de moderación a eventos climáticos extremos. El estudio fue financiado y supervisado por CORPONOR, la Universidad Francisco de Paula Santander, ASOCARS, el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y la embajada de los Países bajos.

Palabras claves: biodiversidad, conservación, cuenca, estructura ecológica Principal, servicios ecosistémicos.

Área temática: cuencas y paleoambiente

Abstract

It is understood by major ecological structure EEP, as the set of natural systems that form part of the infrastructure of environmental capital support to ensure the protection and conservation of biodiversity, providing ecosystem services and meet the basic needs of the population. The aim of the study was to develop the main ecological structure Pamplonita River Basin, the end result of the diagnostic phase of the project to update the management plan and management Pamplonita River Basin, pursuant to Art. 2.2 .3.1.6.8. Decree 1076 of May 26, 2015. The methodology used is from the proposal by the IDEAM, 2011, applied to the entire national territory at scale 1: 500,000, the guidelines are adapted to scale Pamplonita River Basin ; Its importance is that it was the only project of the five drivers in the country to obtain this result watershed level. Its preparation was required the assistance of an interdisciplinary team, which provided technical and cartographic inputs of indexes and indicators of services of water supply, water regulation, moderation mass movements, moderation hydrometeorological extreme weather events precipitation , moderate to extreme weather events hydrometeorological flood, carbon storage in the soil and carbon storage in biomass. Consolidating services EEP generated three scenarios, a first scenario where all services are equally important, the second service provision and regulation of water are prioritized, and a third scenario which prioritizes services moderation to extreme weather events . The study was funded and supervised by CORPONOR, the Francisco de Paula Santander, ASOCARS, the Ministry of Environment, Housing and Territorial Development and the Embassy of the Netherlands University.

Keywords: biodiversity conservation, watershed, Principal ecological structure, ecosystem services.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el PND la Estructura Ecológica Principal del país se entiende como “El conjunto de ecosistemas estratégicos que garantizan la integridad de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos con el fin de satisfacer las necesidades básicas de la población”¹.

El Decreto 3600 de 2007 define en su artículo 1, la Estructura Ecológica Principal como “El conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones”





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Rodríguez (2011) identifica tres conjuntos de criterios que deberían ser usados para la determinación de los componentes de la Estructura Ecológica: ecológicos, de prestación de servicio ecosistémico y reglamentación e iniciativas de conservación.

Van der Hammem y Andrade, 2003. Definen la Estructura Ecológica principal como el conjunto de ecosistemas naturales y semi-naturales que tienen una localización, extensión, conexiones y estado de salud, tales que garantiza el mantenimiento de la integridad de la biodiversidad, la provisión de servicios ambientales (agua, suelos, recursos biológicos y clima), como medida para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes y la perpetuación de la vida.

La biodiversidad tiene una expresión territorial concreta, en sus diferentes niveles de organización, desde genes hasta ecosistemas, los cuales tienen una composición, una estructura y un funcionamiento al interior de cada nivel y entre niveles; muchas de estas interacciones ecológicas complejas se expresan como servicios ecosistémicos, los cuales constituyen beneficios directos e indirectos que los seres humanos reciben de la biodiversidad².

En este orden de ideas la estructura ecológica principal (EEP), es insumo para la prospectiva y zonificación ambiental, que en los procesos de planificación territorial y de cuencas hidrográficas finalmente se traducen en determinantes ambientales de uso del territorio. La protección y conservación de las áreas que forman parte de la EEP garantizan a largo plazo la composición, estructura, funcionamiento de los diferentes niveles de organización de la naturaleza que conforman la biodiversidad y la prestación de los servicios ecosistémicos que se derivan las interacciones ecológicas; entre ellos, podemos citar los servicios de aprovisionamiento (agua, alimento, materias primas, energía, medicinas); regulación y soporte (regulación a inundaciones, procesos de remoción en masa, regulación de la calidad del aire, regulación climática, calidad y cantidad de aguas, ciclos biogeoquímicos, mantenimiento de la fertilidad del suelo). y los servicios culturales (turismo, imaginarios colectivos, religiosos);

Los principios que plantea la metodología del IDEAM, son: 1. La EE contiene las áreas que aseguran la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica del país. Y 2. La EE contiene las áreas de mayor significancia en la oferta de servicios ecosistémicos que benefician a la población y soportan el desarrollo económico¹.

Resultado del proyecto de actualización del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Pamplonita, el equipo del componente biótico se propone como objetivo la aplicación y adaptación a nivel de cuenca la metodología definida para Colombia a escala 1:500.000. El resultado final de tres escenarios de EEP de la Cuenca del Río Pamplonita, se logra con el concurso del equipo interdisciplinario conformado por expertos en hidrología, geomorfología, geología, gestión del riesgo, sistema de información geográfico, biodiversidad y ecosistemas estratégicos. Los servicios ecosistémicos incorporados en el estudio fueron 7. servicios de provisión de agua, regulación de agua, moderación a movimientos en masa, moderación a eventos climáticos extremos hidrometeorológicos por precipitación, moderación a eventos climáticos extremos hidrometeorológicos por inundaciones, almacenamiento de carbono en el suelo y almacenamiento de carbono en la biomasa aérea.

La metodología se desarrolló en tres etapas. La primera consistió en la identificación de los siete servicios ecosistémicos en la cuenca del río Pamplonita, a partir de los insumos técnicos, como son los índices e





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



indicadores por servicio; Seguidamente, se procedió a la valoración de los servicios ecosistémicos, Para la representación espacial de cada servicio ecosistémico, su estado y

valoración, se tienen en cuenta los criterios de: categorías del servicio y, estado y calificación del servicio, a partir del cruce de los rangos del valor del servicio y el mapa de coberturas vegetales de la cuenca elaborado con metodología corin land cover. A escala 1:25.000, y agrupado en las áreas de ecosistemas naturales, seminaturales y transformados. En este punto se realiza un ajuste a la metodología original del IDEAM, ya que proponen el cruce con el mapa de ecosistemas. La tercera etapa aplicó la propuesta de escenarios de los 7 servicios ecosistémicos, donde se priorizan algunos servicios y se obtiene una calificación final de los promedios ponderados. Corresponde entonces, a la asignación de factores de ponderación para cada indicador (mapa), tres posibles escenarios de acuerdo con cambios en los factores de ponderación, y la aplicación del algebra de mapas a cargo del experto en SIG. El resultado final genera tres escenarios de EEP en la Cuenca del río Pamplonita; el primer escenario donde todos los servicios son importantes, y por lo tanto tienen el mismo peso; un segundo escenario donde se priorizan los servicios asociados a la provisión y regulación de agua; y un tercer escenario donde se la da mayor importancia a los servicios asociados a la moderación de eventos climáticos extremos

1. Estructura Ecológica Principal de Colombia. Aportes del IDEAM para la definición y aplicación de la estructura ecológica Nacional. IDEAM. 2011.
2. Política Nacional Para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Identificación de los servicios ecosistémicos

La primera etapa del estudio identificó los servicios ecosistémicos en las 25 cuencas del área de jurisdicción de la cuenca del río Pamplonita.

2.1.1. Servicio ecosistémico de provisión de agua

Los datos de las variables del servicio ecosistémico de Provisión de agua fueron suministradas por el experto hidrólogo; La subcuenca de mayor rendimiento hídrico en territorio colombiano está la Microcuenca Táchira-Oiba con un valor de 25,8 L/s/Km²; mientras que, el menor valor se presentó en la subcuenca del Táchira. Igual a 2,07 L/s/Km².

2.1.2. Servicio ecosistémico de Regulación del agua

De acuerdo a la metodología del IDEAM, este servicio equivale a la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales diarios. Este servicio es obtenido a partir de los datos del índice de retención y regulación hídrica, suministrados por el hidrólogo. Se encontró que con valores de 0,75 equivalente a datos medios de regulación están las Microcuencas de Pamplonita-El Volcán, y Pamplonita-La Teja; mientras que, con valores bajos de 0,61 está la subcuenca de Pamplonita-Guamalera.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



2.1.3. Moderación a los movimientos en masa

Este servicio se cualifica y espacializa a partir del registro de sitios puntuales identificados en campo por el experto geólogo, así como la fotointerpretación de sensores remotos.

2.1.4. Moderación a eventos extremos hidrometeorológicos por precipitación

Corresponde a la identificación, cuantificación y espacialización del índice de aridez, que el experto hidrólogo suministra como insumo de información y cartográfico. Los resultados obtenidos, que se clasifican de acuerdo a los lineamientos del ENA, Capítulo 3, leyenda del mapa 3.3. De acuerdo a los resultados encontrados se establecen los rangos de 0,00-0,34 con excedentes de agua; y los valores de más de 0,35 deficitario de agua. Los resultados muestran la subcuenca del Táchira con valores con mayor déficit de agua, mientras que la Microcuenca Táchira-oira, presentó los valores de mayor excedente de agua iguales a 0,59.

2.1.5. Moderación a eventos extremos hidrometeorológicos por inundaciones

Este servicio identifica las áreas de la Cuenca susceptibles a inundación por condiciones naturales. Estas áreas se espacializan teniendo como base la dinámica del río frente a los extremos de variabilidad climática.

2.1.6. Almacenamiento de carbono orgánico en el suelo.

El componente edafológico, coordinado por expertos realiza la toma de muestras de suelo en diferentes puntos de la Cuenca para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo. Se determina la variable de materia orgánica, de la capa superficial del suelo; posteriormente, se realiza la

conversión a porcentaje de carbono orgánico, y se ajustan los resultados obtenidos a las interacciones de esta variable con los parámetros de clima.

2.1.7. Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea

Se tienen en cuenta los datos teóricos y ecuaciones alométricas definidas por Phillips et al, los cuales definen para Colombia la Biomasa Aérea a partir de las zonas de vida establecidas por Cuenca Hidrográfica y por Zonas naturales. Los rangos de Biomasa aérea se clasifican en mínimo, medio y máximo. La cuenca del río Pamplonita presenta nueve zonas de vida, mapificadas a escala 1:100.000; de acuerdo a la vegetación asociada a cada zona a una determinada concentración de biomasa aérea.

2.2. Categorización, estado y calificación del servicio ecosistémico

En la tabla 1, se presentan los insumos cartográficos requeridos para la espacialización de cada servicio ecosistémico a cualificar en la estructura ecológica principal de la cuenca del río Pamplonita.

Tabla 1. Insumos cartográficos por servicio ecosistémico

Servicio ecosistémico a cualificar	Insumos cartográficos
Provisión de agua	Cobertura vegetal y Rendimiento hídrico en la Cuenca.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Regulación del agua	Cobertura vegetal. Índice de retención y regulación hídrica de la Cuenca.
Moderación a los movimientos en masa	Susceptibilidad general del terreno a los deslizamientos de tierra. Cobertura vegetal.
Moderación a los eventos extremos hidrometeorológicos por precipitación	Cobertura vegetal de la Cuenca e Índice de aridez
Moderación a los eventos extremos hidrometeorológicos por inundaciones	Cobertura vegetal y áreas susceptibles a inundación.
Almacenamiento de carbono en el suelo	Cobertura vegetal y mapa de distribución de carbono orgánico del a Cuenca.
Almacenamiento de carbono en biomasa aérea	Cobertura vegetal, zonas de vida y la estimación de la biomasa aérea en bosques naturales de la Cuenca.

Fuente: Componente biótico POMCA-Río Pamplonita. 2013.

2.2.1. Categorización del servicio

Corresponde a la agrupación de los resultados de los índices de cada servicio ecosistémico en tres categorías alto, medio y bajo. Este ejercicio se realiza con base en los lineamientos de la metodología del IDEAM, y los ajustes a escala de cuenca orientados por el equipo interdisciplinario.

2.2.2. Estado y calificación del servicio ecosistémico

Equivale a la superposición entre los rangos del valor del servicio ecosistémico y el mapa de cobertura vegetal de la cuenca, organizado en tres categorías ecosistema natural, ecosistema seminatural y ecosistema transformado. Cada servicio se califica en una escala de 0 a 1, donde 0 corresponde a la nulidad de la prestación del servicio de provisión o regulación y 1 indica que el ecosistema presta el mayor grado del servicio.

2.3. Generación de la cartografía de los servicios ecosistémicos

La aplicación de algebra de mapas se realiza en el software Argis, Versión 10.0. Teniendo en cuenta los insumos cartográficos descritos anteriormente, como son la categoría, el estado y la calificación del servicio





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Este punto es elaborado por el experto en SIG, soportado en las orientaciones y hojas metodológicas de la guía Estructura Ecológica Principal de Colombia. Aportes del IDEAM para la definición y aplicación de la estructura ecológica Nacional. IDEAM. 2011.

.2.4. Elaboración de los escenarios insumo para la estructura ecológica principal de la cuenca del río Pamplonita

Finalmente, con la ponderación de los servicios ecosistémicos se generan tres escenarios de estructura ecológica principal.

- R1 Provisión de agua,
- R2 Regulación de agua,
- R3 Moderación a movimientos en masa,
- R4 Moderación a eventos climáticos extremos hidrometeorológicos por precipitación,
- R5 Moderación a eventos climáticos extremos hidrometeorológicos por inundaciones,
- R6 Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea
- R7 Almacenamiento de carbono en el suelo

En el escenario 1, todos los servicios tienen la misma importancia la ecuación que se aplica es:

$$R1 \times \frac{1}{7} + R2 \times \frac{1}{7} + R3 \times \frac{1}{7} + R4 \times \frac{1}{7} + R5 \times \frac{1}{7} + R6 \times \frac{1}{7} + R7 \times \frac{1}{7} \quad (1)$$

En el segundo escenario se privilegian los servicios de provisión y regulación de agua, como se observa en la ecuación 2.

$$R1 \times 0,25 + R2 \times 0,25 + R3 \times 0,1 + R4 \times 0,1 + R5 \times 0,1 + R6 \times 0,1 + R7 \times 0,1 \quad (2)$$

En el escenario tres, se consideran de mayor importancia los servicios asociados a la moderación de eventos extremos. Como se muestra en la ecuación 3.

$$R1 \times 0,1 + R2 \times 0,1 + R3 \times 0,2 + R4 \times 0,2 + R5 \times 0,2 + R6 \times 0,1 + R7 \times 0,1 \quad (3)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La categorización, valoración y cualificación del servicio de provisión de agua, arroja que. las cinco principales subcuencas Pamplonita-El volcán, La honda, Táchira, Iscalá y Chiracoca de la Cuenca del Pamplonita, abastecedoras de acueductos urbanos de los municipios de Pamplona, Chinácota, Los Patios, Bochalema, Villa Rosario y Cúcuta, presentó valores de medios a bajos.

Con respecto a la calificación del servicio de Regulación del agua, se observa, que gran porcentaje del área de la cuenca presenta valores bajos del servicio, esta situación se acentúa en los Municipios localizados en la parte media y baja de la Cuenca.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Los resultados de la calificación del servicio de moderación a los movimientos en masa, arrojaron que con valores de 0 existe un total de 103.374 Has, mientras, que, con valores de 1 un total de 8.500 Has. Este fenómeno obedece al grado de vulnerabilidad que tiene la cuenca frente a los extremos de variabilidad climática.

El 51,82% del área total de la Cuenca presenta condiciones de baja disponibilidad del servicio de moderación a extremos hidrometeorológicos por precipitación, principalmente en las subcuencas de Táchira-agua blanca, la honda y La Tesqua. Como caso particular se evidencia en la Microcuenca Pamplonita-el Volcán, donde se observa que tiene excedentes de agua, pero cuando se realiza la superposición con las áreas del mapa de cobertura vegetal se encuentra un cruce con áreas de ecosistemas transformados lo que disminuye la disponibilidad del servicio, ocasionando en esta región hidrográfica un elevado impacto a los extremos hidrometeorológicos por precipitación. Referente al servicio de moderación a extremos por inundación. El 11,6% del área total de la Cuenca ha experimentado inundación, haciéndose más fuerte su expresión en los Municipios de Bochalema, Cúcuta y Puerto Santander; parte media y baja de la Cuenca.

El almacenamiento de carbono orgánico en el suelo con sus equivalencias ajustadas a la variable clima se muestra que, de las 143.878 Has del área total de la cuenca, 121.630 presentan una calificación media para este servicio.

El servicio de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, que de acuerdo a las 9 zonas de vida y los datos de las ecuaciones alométricas de Phillips, et al. Son calificadas para la EEP como media y alta disponibilidad del servicio. La tabla 2, presenta los resultados de su valoración.

Tabla 2. Calificación del servicio de biomasa aérea

Tipo de bosque	BA (t Ha ⁻¹)	Categoría del servicio ecosistémico		Calificación para la EEP
		Rango	Categoría	
Bosque húmedo montano	145,5	Entre 96,2-182,0 ton/ha	Medio almacenamiento de carbono	0,75
bosque húmedo montano bajo	295,1	Entre 213,5-295,1 ton/ha	Alto almacenamiento de carbono	1
bosque húmedo Premontano	114,1	Entre 96,2-182,0 ton/ha	Medio almacenamiento de carbono	0,75
bosque húmedo tropical	264,1	Entre 213,5-295,1	Alto almacenamiento de carbono	1





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



	ton/ha	carbono		
bosque muy húmedo montano	125,5	Entre 96,2-182,0	Medio almacenamiento de carbono	0,75
bosque muy seco tropical	98,2	Entre 96,2-182,0	Medio almacenamiento de carbono	0,75
bosque seco montano bajo	216	Entre 213,5-295,1	Alto almacenamiento de carbono	1
bosque seco Premontano	140,7	Entre 96,2-182,0	Medio almacenamiento de carbono	0,75
bosque seco tropical	96,2	Entre 96,2-182,0	Medio almacenamiento de carbono	0,75

Fuente: Componente biótico, POMCA-Río Pamplonita.2013

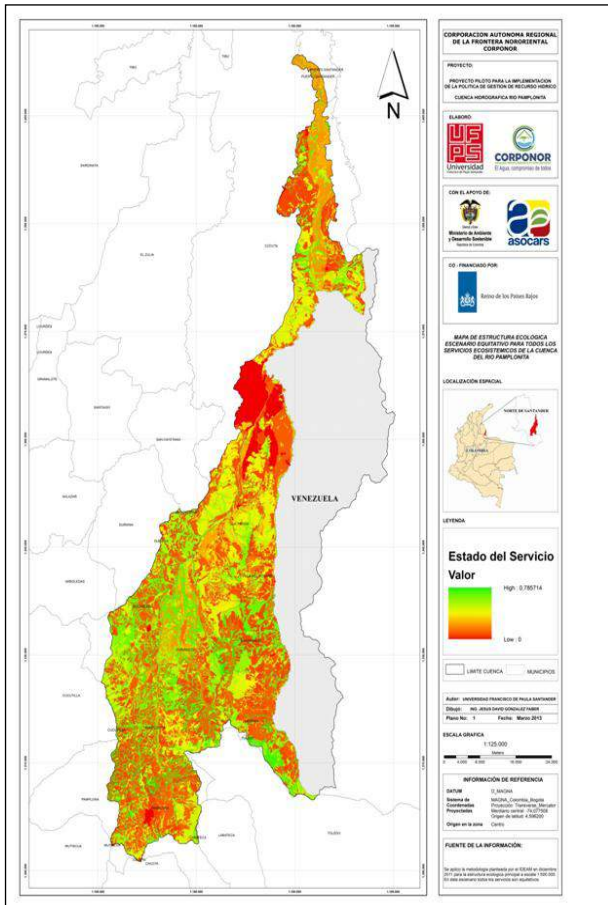
La figura 1, muestra el mapa del escenario 1, donde se privilegian todos los servicios con el mismo valor de ponderación.

Figura 1. Escenario 1. Estructura ecológica principal de la Cuenca del río Pamplonita.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Fuente: componente Biótico, POMCA-Río Pamplonita.2013

Se observa, que las zonas donde se presenta una situación más crítica en la prestación de todos los servicios es en las zonas urbanas, en color rojo. Principalmente, los Municipios de Pamplona, Villa del Rosario, Cúcuta, Los Patio y Puerto Santander.

La figura 2, presenta los resultados del escenario 2, donde se priorizan los servicios de provisión y regulación del agua.

Se evidencia, en color amarillo los valores más bajos de la calificación final, el cual está presente en una gran proporción de área de la cuenca. Esta situación se acentúa en la parte media y baja.

La Figura 3, expone el escenario tres. Caracterizado como el escenario que privilegia los servicios de regulación.

En este escenario, el color rojo es el de mayor predominio sobre la cuenca, lo que muestra que se tienen problemas de alto riesgo frente a extremos hidrometeorológicos por precipitación e inundación.



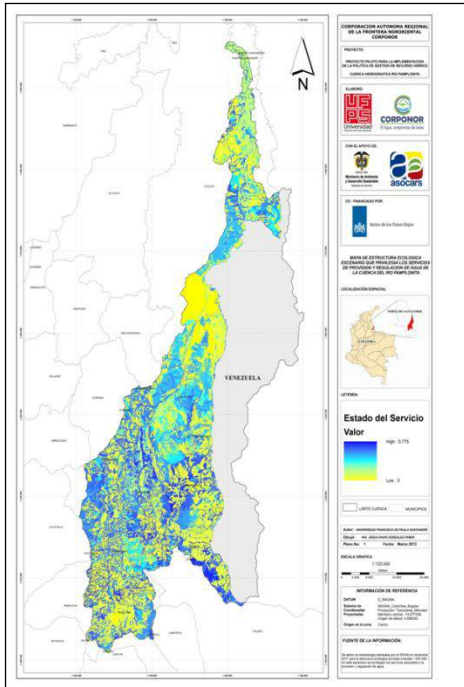


V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



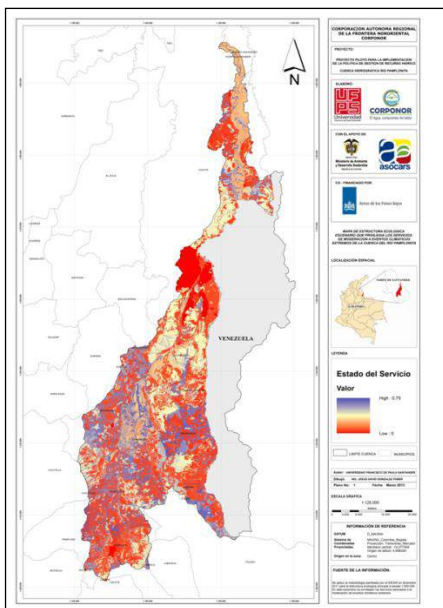
Y las condiciones naturales de la cuenca, están afectadas por uso inadecuado de suelo, presión demográfica, fragmentación lo que conlleva a una alta vulnerabilidad a efectos naturales y antrópicos.

Figura 2. Escenario 2. EEP de la Cuenca del río Pamplonita.



Fuente: componente Biótico, POMCA-Río Pamplonita.2013

Figura 3. Escenario tres de Estructura ecológica Principal de la Cuenca del Río Pamplonita.



Fuente: componente Biótico, POMCA-Río Pamplonita.2013





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



4. CONCLUSIONES

El escenario 1, de estructura ecológica principal de la cuenca del río Pamplonita, donde todos los servicios ecosistémicos tienen el mismo peso, en la figura 1, se observan en color rojo los menores valores, lo cual indica que estas áreas deben ser incorporadas en proyectos de recuperación, restauración y rehabilitación, de manera que se garantice en el mediano y largo plazo la prestación del servicio; mientras que en la medida que se degrada la coloración con tendencia al verde se acerca a valores de 1. Estas áreas deben ser priorizadas con proyectos de protección preservación y conservación. Estas propuestas, permiten la adaptabilidad del suelo, La biodiversidad y los ecosistemas a los eventos extremos del cambio climático.

El escenario 2, de EEP, según la figura 2, en color amarillo se observan que existe afectación en las áreas de mayor importancia estratégica para

garantizar el servicio de abastecimiento de agua en el mediano y largo plazo.

Los servicios de regulación privilegiados en el escenario 3, y presentados en la figura 3 en el que se definen áreas con valores cercanos a 1, que deben ser incorporadas como áreas estratégicas para la preservación y conservación de las condiciones naturales, las áreas mayormente transformadas se deben tener en cuenta para proyectos de restauración y rehabilitación de los eventos extremos de variabilidad climática, las cuales se visualizan en la parte media y baja de la Cuenca en color rojo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CORPONOR. UFPS, ASOCARS, MADS, 2014. Actualización y ajuste al Plan de ordenación y manejo de la Cuenca del Río Pamplonita.

IDEAM, 2011. Estructura Ecológica Principal de Colombia, escala 1:500.000

Márquez, German y Valenzuela Elizabeth. 2008. Estructura ecológica y ordenamiento territorial ambiental. Revista Gestión y ambiente. Vol. 2. NO. 2.

Ortega Yamile, 2014. Componente biótico del plan de ordenación y manejo de la Cuenca del Río Pamplonita. CORPONOR. 2014.

PHILLIPS et al. 2011. Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Estratificación, alometría y métodos analíticos. IDEAM





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



VALORACION AMBIENTAL POR CALENTAMIENTO GLOBAL DE LOS SERVICIOS PUBLICOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EN PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANALISIS DEL CICLO DE VIDA.

Ing. Esp. Alexander Araque Leal. Candidato Maestría en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura Universidad de Pamplona.

[Tel:5684200](tel:5684200) (ext. 121)

e-mail:planeacionempopamplona@gmail.com

MSc, PhD Oscar Orlando Ortiz Rodríguez,

Profesor Titular, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona,

Tel: 5685303 (ext. 140) e-mail: oscarortiz@unipamplona.edu.co

Grupo de investigación:

NANOSOS

Universidad de Pamplona.

Universidad de Pamplona

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140

RESUMEN.

El acceso de la población a los servicios públicos en agua potable y saneamiento básico mide en gran medida la calidad de vida de los habitantes de una ciudad según el Índice de necesidades básicas Insatisfechas NBI. Sin embargo los procesos de potabilización de agua, manejo y disposición final de las aguas residuales y de residuos sólidos generados en las urbes de todo el mundo, generan impactos ambientales adversos por la contaminación del recurso hídrico y la emisión de gases de efecto invernadero. EMPOPAMPLONA. S.A. E.S.P. Empresa prestadora de estos servicios en la ciudad de Pamplona, como parte de su programa de gestión ambiental requiere cuantificar los impactos ambientales generados durante su operación, para tomar medidas correctivas que le permitan funcionar de forma más sustentable con el medio ambiente.

Con la presente investigación se realizó, la valoración ambiental de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la ciudad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia, mediante la aplicación de la metodología internacional del análisis del ciclo de vida (ACV).





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



La metodología empleada en la investigación se basa en la norma ISO 14044. Para la toma de información, se optó por el método de muestreo por bloques, que consiste en dividir el sistema en segmentos de estudio. Siendo los bloques generales los servicios, y los subgrupos son las respectivas etapas de cada uno de ellos. .

Las unidades funcionales de estudio seleccionadas fueron el metro cubico (m³) de agua potable en acueducto, metro cubico (m³) de agua residual en Alcantarillado y tonelada (ton) de residuos sólidos para el servicio de Aseo.

Se realizó un inventario de los datos de entrada/salida de insumos energía y flujos empleados para llevar a cabo los procesos en los servicios estudiados durante los 12 meses de 2014. Para llevar a cabo este proceso se contó con dos tipos de fuentes de información: Las fuentes primarias corresponden a la información base suministrada por EMPOPAMPLONA S. A. E.S.P. y las secundarias que corresponden a la obtenida en la base de datos Ecoinvent versión 3.1. Finalmente se obtuvieron 44 elementos referenciados en la base de datos para su respectiva valoración.

Para la evaluación de impacto ambiental se utilizó el CML2001, el método de evaluación de impacto implementado en Ecoinvent versión 3.1.

En este estudio particular se calcularon los factores contaminantes para la categoría ambiental del Calentamiento Global (GWP100). Debido a la importancia que tiene este fenómeno antrópico en el planeta y la urgencia de tomar medidas que reduzcan el impacto de la prestación de los servicios públicos.

El modelo de caracterización elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se selecciona para el desarrollo de factores de caracterización. Los factores se expresan como Potencial de Calentamiento Global para el horizonte de tiempo 100 años (GWP100), en kg de dióxido de carbono / kg de emisiones (CO₂ eq). El ámbito geográfico de este indicador es a escala global. Se agregaron algunos factores de caracterización del método 100 GWP IPCC 2001: El metano, bromodifluoro, Halon 1201, metano, dichlorofluoro, HCFC-21, y el metano, iodotrifluoro.

Para realizar el cálculo del impacto se utilizó el software LCManager que es una herramienta práctica de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) basado en la metodología ISO 14040/44:2006 para el soporte al eco-innovación para empresas.

Los resultados obtenidos de esta investigación muestran que de 24 elementos evaluados en la operación del acueducto se generan en 349.583,67 kg CO₂ eq /año. De los cuales el 18.25% corresponde a la potabilización, siendo el mayor impacto en este proceso el coagulante clarifloc (84.5%). La distribución aporta el 81.74%, siendo el PVC el elemento más representativo en este proceso. (86.6%).

En el servicio de alcantarillado se obtuvo un resultado de generación total de 109.169,74 kg CO₂ eq /año. De los cuales el 100% corresponde a la recolección y transporte de aguas residuales. De los 30 elementos evaluados los de mayor impacto son el cemento (40.3%) y el PVC (6.4%)





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



En el servicio de aseo se evaluaron 40 elementos obteniéndose un resultado de generación total de 74.014,51 kg CO₂ eq /año. De los cuales el 31.74% corresponde a la recolección y transporte de RSU, siendo el de mayor impacto en esta etapa el combustible (99.3%); el 3.46% a mantenimiento de parques, el 25.9% al barrido de calles, destacándose las bolsas de polietileno como las de mayor impacto en esta etapa (78.94%) y el 38.90% a la disposición final de RSU, con los combustibles generando el mayor impacto en esta etapa (43.75)

La producción de gases por la descomposición de los residuos sólidos en el relleno sanitario La Cortada, se evaluó por separado, obteniéndose un resultado de 118'622.646 kg CO₂ eq /año, de los cuales el 89,75% corresponden al CO₂ eq del metano, y el 10.25% al kg CO₂ generado directamente.

En resumen durante el 2014, en EMPOPAMPLONA se emitieron 119'155.414,40 kg de CO₂ Eq, de los cuales el 99.55% fueron generados por la descomposición de los residuos sólidos el relleno sanitario, el 029% por el servicio de acueducto, el 0.09% por alcantarillado y el 0.06% por aseo.

El elemento de mayor impacto es la generación de metano- CH₄, pues es responsable del 89% de la emisión total de CO₂ Eq

Con los resultados obtenidos se tomaron decisiones para tomar medidas de mitigación, compensación y reducción de emisiones de GEI, que incluyen alternativa como uso de sumideros de CO₂ en bosques, reducción en el consumo de materiales, programas de reciclaje y principalmente la quema o el aprovechamiento del metano en el relleno sanitario la Cortada en programas MDL que permitirían reducir o compensar hasta en un 40% las emisiones CO₂ eq.

PALABRAS CLAVES.

Indicador ambiental, calentamiento global, Análisis del ciclo de vida ACV, potabilización, relleno sanitario, potabilización de agua, aguas residuales.

TEMATICA A PARTICIPAR SEGÚN EL EVENTO.

5. Ingeniería del Ciclo de Vida.

RESUMEN CORTO DEL CURRÍCULO VITAE DE LOS PONENTES.

Alexander Araque Leal.

Ingeniero Mecánico – UIS.

Especialista en Ingeniería Ambiental -UIS

Candidato Maestría en Ingeniería Ambiental, Univ. de Pamplona.

Jefe de planeación, EMPOPAMPLONA S.A E.S.P.

C.C. 88.157.723 de Pamplona.

T.P. NS230-58458

Tel:5684200 (ext. 121) Cel: 3153713287

e-mail:planeacionempopamplona@gmail.com

Oscar Orlando Ortiz Rodríguez,





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Ingeniero Industrial

MSc. Engineering management

PhD ingeniera de procesos y Ambiental

Profesor Titular, Programa de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona,

Tel: 5685303 (ext. 140)

e-mail: oscarortiz@unipamplona.edu.co

OBTENCION DE INÓCULOS BIODESULFURANTES AUTÓCTONOS A PARTIR DE CARBONES CON ALTO CONTENIDO DE AZUFRE DE NORTE DE SANTANDER.

Presentado por:

Mario Javier Vargas Cañas Ingeniero Químico, Esp, Ph.D U de P, Jacipt Alexander Ramón, Ingeniero Químico Msc Ph.D, Ángela Maritza Cajiao Pedraza, Microbióloga, Maestrante en Biología Molecular y Biotecnología U de P, Ramón Ovidio García Rico, Ph. D. Biotecnología U de P, Anelfi Balaguera Carrillo Ingeniero Químico, Esp, Ingrid Iveth Ricaurte de Porras, Est, Microbiología U de P.

Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo GIAAS, Programa de maestría en Ingeniería Ambiental Facultad de Ingenierías y Arquitectura Universidad de Pamplona
mvargas@unipamplona.edu.co, jacipt@unipamplona.edu.co, anelfi33@yahoo.com

RESUMEN: Se ha demostrado suficientemente que la causa principal de la lluvia ácida es el uso de combustibles fósiles con altos contenidos de azufre como fuente de energía, los cuales liberan óxidos de azufre y nitrógeno que reaccionan con el agua y el oxígeno, formando soluciones diluidas de ácido sulfúrico y ácido nítrico que al depositarse sobre la cobertura vegetal y en los suelos causan el deterioro de los mismos; estos efectos potencian de forma innegable factores de cambio climático, con las consabidas consecuencia que afectan el medio ambiente. El combustible fósil con más reservas con que cuenta la humanidad es el carbón, por lo que se convierte en un deber realizar esfuerzos de tal forma que su uso y aprovechamiento causen el menor impacto negativo sobre el medio ambiente. Se hace necesario entonces, realizar esfuerzos tendientes a disminuir los contenidos de azufre en el carbón, de manera que su utilización como combustible sea menos contaminante. Con el presente proyecto, se estudiará el crecimiento de colonias de bacterias con potencial biodesulfurante, que se fundamenta en la capacidad de ciertos microorganismos para oxidar los compuestos reducidos de azufre presentes en el carbón, y convertirlos en productos solubles en medio acuoso; en general es un proceso de lixiviación, utilizando agua acidulada con microorganismos sulforeductores.

Palabras claves: Biodesulfuración, biolixiviación, Biodesulfurization of coal, carbón.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



INTRODUCCION.

Aunque en Norte de Santander se tienen yacimientos de carbón de alta calidad térmica, los cuales cuentan con mercados propios tanto a nivel nacional como internacional, en los últimos años su explotación se ha visto afectada por los bajos precios internacionales y los costos asociados a su extracción y transporte; esta situación ha provocado el cierre de varias minas y el consiguiente impacto social que genera el despido de sus trabajadores.

A mediados de 2008, la cotización del carbón a nivel local llegó a un tope de los \$135.000 por tonelada y a partir de mayo de 2009 sufrió una caída, rondando su precio alrededor de los \$52.000 por tonelada a boca de mina. (Asociación de carboneros de Cúcuta y Norte de Santander, ASOCARBON, 2014). Esta caída de precios se debe a la crisis de producción a nivel mundial que no necesita la misma cantidad de energéticos para sus procesos por el desplome en la demanda de sus productos; esta situación se ha mantenido a través de estos años con algunos repuntes ocasionales. Los trabajadores acostumbrados a sueldos altos e incentivos por nivel de producción o destajo prefieren dedicarse a otros oficios, además los costos de mantenimiento, excavaciones, extracción y seguridad industrial son altos. Si a lo anterior se le suma los costes asociados al transporte, en muchos casos el balance es negativo, por lo que los dueño de pequeñas minas define su cierre ante el panorama de trabajar a pérdida.

Teniendo en cuenta el panorama anterior, la industria del carbón se orienta para hacer frente a la crisis de precios en tres campos diferentes. El primero de ellos explora las diferentes posibilidades de disminuir los costos asociados al transporte; el segundo se dirige a generar valor agregado al carbón y diversificación en carboquímica, principalmente coque, que haga competitivo su acceso a los diferentes mercados; por último, se viene dedicando esfuerzos a estudiar, incentivar y explorar nuevos yacimientos que generen procesos masivos de explotación, principalmente a cielo abierto, que reduzcan los costos de extracción y giren las miradas del gobierno central para la financiación de proyectos viales y de transporte de sus productos, como eje de desarrollo para la región .

Es en este marco, en donde se hace importante el desarrollo de procesos que permitan mejorar la calidad del carbón y mitigar los efectos negativos inherentes a su proceso de combustión. Teniendo en cuenta los efectos ambientales nocivos de la combustión de carbones con alto contenido de azufre y su relación en la producción de lluvia ácida, se convierte entonces en una obligación adelantar investigaciones que posibiliten en el combustible, la reducción de carga contaminante antes de combustión, mediante el uso de técnicas ambientalmente amigables y económicamente viables.

1.1 El carbón como potencial contaminante.

La lluvia ácida constituye un serio problema ambiental y es ocasionada principalmente por la contaminación atmosférica proveniente de la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre. Se forma generalmente en las nubes altas donde el SO₂ y los NO_x reaccionan con el agua y el oxígeno formando una solución diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico, en la que la radiación solar contribuye al aumento de dicha





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



reacción. La lluvia, la nieve, la niebla y otras formas de precipitación arrastran estos contaminantes hacia las partes bajas de la atmósfera, depositándolos sobre las hojas de las plantas, los edificios, los monumentos y el suelo. La presencia de dichos ácidos en la atmósfera genera un pH muy bajo que en algunos casos ha llegado hasta 4.0, todo ello atribuido a las emisiones de SO₂ y NO_x (Wark y Warner, 2001). De ese modo, cada vez resulta más evidente la necesidad de desarrollar técnicas que permitan el uso del carbón de bajo contenido de azufre y así controlar las emisiones de SO₂ e impedir su dispersión en la atmósfera, teniendo presente que el carbón contiene azufre entre el 0.1 y 10% y su combustión para la generación de energía eléctrica contribuye a la formación de la lluvia ácida. (Vargas M, Ramon J, A, 2007)

1.2 El carbón en Colombia.

Colombia posee las mayores reservas de carbón en Latinoamérica y es el quinto exportador de carbón térmico del mundo. Para la economía colombiana, el carbón se consolida como el segundo renglón de exportación después del petróleo. Los principales destinos de exportación son Europa y Estados Unidos, (SIMCO, Sistema de información minero colombiano). La producción nacional ha crecido notablemente en los últimos veinte años, incentivada principalmente por la ejecución de grandes proyectos con destino a la exportación, realizados por inversionistas extranjeros como Drummond, Exxon, BHP Billiton, Glencore International, Amcoal y Rio Tinto. En 2003, el nivel de producción superó los 50 millones de toneladas, de los cuales el 91.24% se dirigió a los mercados internacionales. Los carbones colombianos son básicamente carbones duros (térmico, metalúrgico-coquizable y antracitas). Actualmente, el carbón térmico representa el 97% de la producción y de las exportaciones. Colombia cuenta con reservas y recursos medidos de 7,063.58 millones de toneladas y un potencial de 16.992,80 millones de toneladas de carbones térmicos y coquizables. Actualmente existen 8 zonas (distritos) de explotación carbonífera con reservas de carbón de diferentes tipos, como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Zonas de reservas carboníferas en Colombia

Zona (Distrito)	Departamentos	Tipos de Carbón	Reservas medidas Millones de toneladas
BARRANCAS	La Guajira	Térmico	3.933,30
LA JAGUA DE IBIRICO	Cesar	Térmico	2.035,40
ZULIA	Santander, Norte de Santander	Antracita, térmico, metalúrgico	175,77





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



PAZ DEL RÍO	Boyacá	Térmico, metalúrgico	170,37
ZIPAQUIRÁ	Cundinamarca	Antracita, térmico, metalúrgico	263,23
MONTELÍBANO	Córdoba - Norte de Antioquia	Térmico	381,00
AMAGÁ	Antioquia - Antiguo Caldas	Térmico	90,06
JAMUNDÍ	Valle del Cauca - Cauca	Térmico	41,45
TOTAL			7.063,58

Fuente: COLOMBIA MINERA

De acuerdo a lo anterior en el Departamento de Norte de Santander existe unas apreciables reservas de carbón y entre ellas algunas con alto contenido en azufre, por lo cual, la reducción de este elemento es importante desde el punto de vista económico y ambiental para la región.

1.3 El azufre en el carbón.

El carbón contiene principalmente carbono e hidrógeno, los cuales conforman una matriz de hidrocarburos aromáticos que se encuentran altamente condensados, acompañados por fracciones pequeñas de nitrógeno, oxígeno y azufre. El contenido de azufre en el carbón juega un papel importante en su valoración económica. De modo que si un carbón contiene menos del 1% de azufre total se clasifica como de bajo contenido en azufre y si dicho contenido es mayor del 1.5% son de alto contenido en azufre y por lo tanto su valor comercial es menor. Los compuestos que contienen azufre en el carbón se clasifican, de acuerdo a su naturaleza, en tres grupos: sulfuros metálicos que forman inclusiones físicamente distintas de la matriz orgánica del carbón, pudiéndose separar de ella por medios físicos; existen varias formas de especies cristalinas de estos compuestos, dentro los cuales los más importantes son los sulfuros de hierro (azufre pirítico). El azufre unido covalentemente a la estructura orgánica del carbón (azufre orgánico), generalmente se clasifican según los grupos funcionales que presenten, entre los que se encuentran tioles, tioésteres y diotioésteres aromáticos y alifáticos y compuestos heterocíclicos derivados del tiofeno. El azufre sulfato en forma de sulfato de hierro, calcio y bario, el cual en conjunto con el pirítico forman la fracción mineral del carbón.

1.4 Técnicas de desulfuración.

Existen principalmente tres formas de reducción de las emisiones de azufre dependiendo de la etapa del proceso en que se lleven a cabo, esto es, en pre combustión, en combustión o en postcombustión.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



1.4.1 Desulfuración antes de la combustión: Este proceso puede ser realizado atendiendo a las propiedades físicas y químicas de los distintos compuestos de azufre que contiene el carbón (Meyers y Dekker, 1981). De este modo, se diferencia entre métodos físicos, químicos y biológicos. Los métodos físicos se fundamentan en las diferentes propiedades físicas que poseen los compuestos inorgánicos de azufre, por lo cual sólo separan el azufre inorgánico. En los métodos químicos ocurren reacciones químicas selectivas que posibilitan la solubilización de los compuestos originados. Los biológicos se basan en la capacidad de ciertos microorganismos para oxidar los compuestos de azufre presentes en el carbón. Para viabilizar la biodesulfuración del carbón como método con posibilidades de aplicación, el primer paso es encontrar las condiciones de adaptación y crecimiento del inóculo bacteriano que pueda ser usado posteriormente en el proceso de forma exitosa, siendo este el objeto de presente trabajo.

1.4.2 Desulfuración durante la combustión: Este tratamiento se refiere a aquellos procesos que llevan a cabo la desulfuración en el interior de las calderas de combustión, basándose en la retención de SO_2 como sulfato cálcico por adición de caliza (CaCO_3). Existen dos formas de realizar la retención de azufre: mediante la inyección de cal en quemadores convencionales y por combustión en lecho fluidizado (Blázquez, 1993). La inyección de cal presenta problemas en el funcionamiento de los hornos y generalmente es de baja eficacia. La combustión en lecho fluidizado permite reducir hasta el 90% del contenido de SO_2 de los gases de combustión, mediante la adición de adsorbentes de bajo coste al lecho.

1.4.3 Desulfuración después de la combustión: Esta técnica se aplica a los gases procedentes de la combustión en donde el azufre está combinado con el oxígeno fundamentalmente como SO_2 , por lo cual este tipo de procedimiento de desulfuración es independiente de la forma en que se encuentre el azufre en el carbón, así como del tipo de carbón utilizado. Este tipo de métodos se denominan también FGD (Flue Gas Desulphurization) y se clasifican en dos grupos generales. El primero comprende los sistemas no-regenerables, que dan lugar a un producto final sin que éste sea aprovechable. En el segundo grupo están los sistemas regenerables, capaces de recuperar un producto valioso comercialmente como es el azufre elemental o el ácido sulfúrico (Klingspor y Cope, 1990). Los métodos de los dos grupos tienen en común la utilización de una torre de lavado, donde el gas procedente del horno se pone en contacto con un absorbente que separa el SO_2 del flujo gaseoso.

El adsorbente es el que diferencia básicamente los distintos métodos, de modo que se utilizan CaO , CaCO_3 , NaNO_3 , MgO , entre otros. Los procesos de limpieza del carbón, antes de su utilización como combustible, se pueden llevar a cabo mediante el uso de métodos físicos, químicos, biológicos o la combinación de los mismos. A continuación se describen dichos métodos.

Métodos físicos: Los métodos de separación física convencionales están basados en la diferencia de densidad del carbón ($1.1 - 1.3 \text{ t/m}^3$) y la pirita ($4.8 - 5.3 \text{ t/m}^3$). Con este tipo de técnicas sólo podemos separar el azufre inorgánico, el azufre orgánico no es posible eliminarlo ya que se encuentra formando parte de la matriz carbonosa del carbón. Entre estos métodos podemos destacar los que utilizan el lavado por medios densos,





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



como baños (para tamaños de grano gruesos), lavado con ciclones (para tamaños de grano intermedios), hidrociclones (principalmente para tamaños intermedios y finos). Otros procedimientos físicos se basan en las propiedades superficiales, siendo la flotación el más común.

Los métodos físicos convencionales se han utilizado sobre todo para carbones de bajo rango con altos contenidos en azufre y en cenizas. Se pueden clasificar en métodos húmedos, que se desarrollan en un medio acuoso y se basan en la gravedad unos, y otros en propiedades superficiales para la separación de la pirita en el carbón, y métodos secos que actualmente no se utilizan. Para tamaños de grano muy finos los métodos anteriores suelen ser muy poco eficaces, por eso para tamaños de grano < 0,1 mm se están desarrollando métodos de separación más sofisticados basados en las propiedades electrostáticas, electrodinámicas y magnéticas de la pirita.

Métodos químicos: Estos han mostrado capacidad para reducir el contenido en materia mineral, así como la pirita finamente diseminada y el azufre orgánico de la matriz del carbón. Destacan los tratamientos con gases reductores o inertes, a altas temperaturas, en los que el azufre se convierte en H₂S y los tratamientos con gases oxidantes (oxígeno o cloro) en disolución, a temperaturas moderadas. Son aplicables también los métodos de tratamiento con ácidos o bases en disolución acuosa a temperaturas moderadas (Blázquez, 1993). Los métodos de desulfuración química, si bien permiten eliminar azufre pirítico y cantidades variables de azufre orgánico, operan a altas temperaturas (150 y 250°C) y presiones (1 y 8 MPa), con lixiviantes corrosivos y, por tanto, conllevan un consumo energético elevado y un alto nivel de complejidad en los equipos (Monticello, 1985).

Métodos biológicos: Dentro de este grupo se incluyen todos aquellos métodos en los que existe una participación biológica, directa o indirecta, en la desulfuración del carbón. Los más conocidos tienen como característica común el uso de catalizadores biológicos en la oxidación de la pirita, siendo el Thiobacillus ferrooxidans uno de los más conocidos. Otro método en el que se está investigando actualmente es la eliminación de la pirita del carbón por flotación, introduciendo en el sistema ciertos microorganismos que modifican las propiedades superficiales de la pirita, combinando así métodos físicos y biológicos de desulfuración.

1.5 La biodesulfuración como alternativa.

La biodesulfuración es un proceso de lixiviación catalizado por microorganismos, teniendo como resultado la disolución del mineral objeto de ataque, o la degradación de ciertos enlaces de la molécula, originando compuestos solubles de azufre (caso del azufre orgánico). El resultado final del proceso depende del tipo de microorganismo y de las condiciones de desarrollo de los mismos, condiciones que están controladas por parámetros físicos, químicos y mineralógicos: temperatura, pH, nutrientes, estructura del mineral, tamaño de grano, densidad de pulpa, etc.

METODOLOGIA.

Para llevar a cabo la presente investigación se desarrolló la siguiente metodología:





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



El proyecto tiene como objetivo general la obtención de inóculos bacterianos con potencial biodesulfurante, a partir de carbones de Norte de Santander, con alto contenido de azufre. Inicialmente, se caracterizaron diferentes tipos de carbón que se utilizaron como sustrato, teniendo en cuenta los niveles de azufre contenidos en el. Posteriormente, se evaluaron diferentes inóculos biológicos con alto poder de retención de azufre. Una vez definido el carbón a trabajar, se lleva a cabo la selección y adaptación de los inóculos bacterianos al sustrato combustible y a las condiciones de pH y temperatura de trabajo que se mantendrán en el sistema. Se desarrollaran las siguientes etapas:

Selección del carbón a trabajar: Se realizó una evaluación de la calidad de los carbones del Departamento Norte de Santander, tomando como base los estudios desarrollados por INGEOMINAS y las empresas comercializadoras de carbón, con el propósito de encontrar una muestra más adecuada, las variaciones en los parámetros de calidad del carbón seleccionado. Una vez seleccionado el carbón, se procede a su estudio y caracterización.

Selección y Adaptación del inóculo bacteriano: se seleccionaron cultivos naturales y se adaptan a las condiciones finales de trabajo. En esta fase se trabajó con dos cultivos diferentes: uno que proviene del mismo carbón a tratar y otro que proviene de un lixiviado del mismo carbón. Los cultivos se preparan en las mismas condiciones y se analizará el desarrollo que se obtenga para tiempos similares. El cultivo que presente una mayor actividad fue seleccionado para posteriores ensayos que permitan llegar a procesos de desulfuración, ya sea en columnas empacadas o en pilas a escala laboratorio. Para medir la actividad biodesulfurante se realizaron un control químico al cultivo en lugar de medir directamente la biomasa. Por lo tanto se controlará el valor del potencial redox como medida de dicha actividad. Esta técnica es posible según las siguientes consideraciones:

La analogía entre potencial redox y crecimiento bacteriano viene dado por la relación de Monod Ecuación 1:

$$\mu = \frac{\mu_{max} * S}{Ks + S} \quad (1)$$

Donde:

- μ = Velocidad específica de crecimiento (dia^{-1}).
- μ_{max} = Velocidad específica máxima de crecimiento.
- Ks = Constante cinética.
- S = Concentración del sustrato

A partir del valor de la velocidad específica de crecimiento bacteriano similar a la velocidad específica de oxidación del hierro pirítico como se muestra en la ecuación 2, basta con controlar la concentración del hierro pirítico o en su defecto la concentración del ion férrico, producto de la oxidación de este, a lo largo del tiempo. (Carranza, 1983).





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Entonces:

$$\frac{dX}{dS} = Y_{XS} \quad \text{ó} \quad dX = Y_{XS}dS \quad (2)$$

Siendo:

- X = Concentración de la biomasa.
- S = Concentración del Ion férrico.
- Y_{XS} = Coeficiente de rendimiento.

Aplicando integración entre 0 y X y, entre 0 y S se obtiene la ecuación 3:

$$\int_0^X dX = Y_{XS} \int_0^S dS \quad (3)$$

Aplicando la ecuación de Monod se encuentra (ecuación 4):

$$\mu = \frac{1}{X} \frac{dx}{dt} = \frac{d \ln X}{dt} = \frac{d \ln(Y_{XS}S)}{dt} = \frac{d \ln S}{dt} = \mu_{\text{hierro}} \quad (4)$$

Donde:

μ =Velocidad específica de crecimiento bacteriano.

μ_{hierro} = Velocidad específica de oxidación de hierro.

Lo que significa que la velocidad específica de crecimiento celular es igual a la velocidad específica de oxidación de hierro. Lo anteriormente expuesto permite la realización y seguimiento indirecto del crecimiento bacteriano de colonias sulfuroreductoras, midiendo la concentración del ion férrico disuelto en el medio de cultivo.

Después de obtener el inóculo con mejor actividad se podrá adaptar a las condiciones en las cuales va a estar, es decir en un medio pulpa carbón-agua. Con esto se adaptan los microorganismos al carbón y dicha adaptación se podrá verificar nuevamente con la medida del potencial redox.

RESULTADOS.

Preparación de la muestra: La muestra de trabajo pertenece a la mina La Ceiba, ubicada en la vereda Puente Zulia del municipio de San Cayetano, en el departamento Norte de Santander. Se prepara el carbón reducido a tamaño de partícula entre 0.5 y 1 mm, se procede a homogenizar las muestras que permitan realizar los exámenes preliminares. Los resultados se pueden apreciar en la tabla 1. Análisis elemental.

Tabla 1. Análisis próximo de muestra de carbón objeto de estudio.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



PARAMETROS BASICOS DE ANALISIS							
Humedad superficial	humedad residual	Humedad Total	Cenizas	material volátil	Carbón Fijo	Azufre	Poder Calorífico
0,36	2,49	2,84	23,93	31,88	41,7	5,53	5,736 cal/gr 10,325 Btu/lb

Crecimiento en medio 9K: Una vez definida la muestra, se prepara el medio de cultivo específico para el crecimiento de las bacterias sulfuroductoras. En un análisis preliminar se comprobó en el laboratorio de microbiología la presencia de thiobacillus ferroxidans, sin embargo no es la única clase de bacterias presentes en el carbón a tratar. Para Kos (1981) y Dugan (1986), la mezcla de cultivos de bacterias acidófilas procedentes del drenaje ácido de mina o de lavado de carbón, son efectivos en la lixiviación de la pirita presente en el. El medio utilizado para el crecimiento de bacterias acidofilas es el 9K de Silverman, con $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ como fuente de energía.

Se prepararon dos muestras de trabajo. En la primera se trabajó agregando 2 gramos de carbón en un erlenmeyer con 200 ml de medio de cultivo (figura 1).

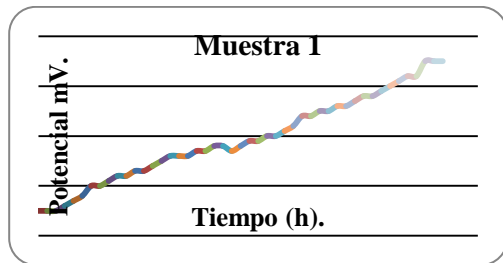


Figura 1. Resultados de crecimiento bacteriano muestra 1

En la segunda muestra se hace pasar agua destilada sobre una muestra de carbón de trabajo contenida en un cilindro con fondo perforado, de la que se toman dos ml y se agregan a un erlenmeyer previamente preparado con 200 ml de medio de cultivo (figura 2).

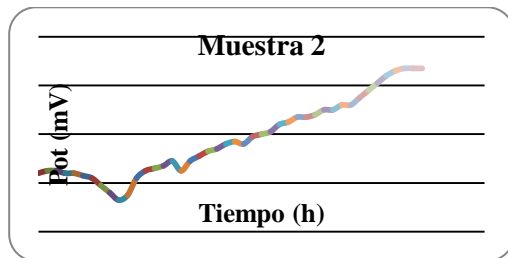


Figura 2. Resultados de crecimiento bacteriano muestra 2.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Figura 3. Resultados de crecimiento bacteriano muestra 3.

CONCLUSIONES.

Por la experiencia adquirida, se considera que para realizar un crecimiento bacteriano, cuyo indicador de potencial en mV este por encima de los 500 mV se debe realizar escalamiento del proceso de adaptación, mediante la siembra consecutiva de muestras desde el punto de mayor avance para cada etapa experimental.

En general, se puede concluir que el medio que mejor crecimiento presentó fue el de la muestra dos, la cual contiene 2 ml de percolado del carbón de trabajo. Este resultado se debe a la adaptación de las bacterias sulforeductoras se haga de manera más rápida en presencia de menor carbón granular en la muestra. A los 23 días de crecimiento se puede observar que las muestras alcanzan un potencial redox cercano a los 330 mV.

Los resultados del crecimiento bacteriano de 5 intentos anteriores fallaron por errores en la manipulación de las muestras, temperaturas reducidas de trabajo o por deficiencias en la preparación del medio de cultivo. Al sembrar cultivos ya crecidos que contengan biomasa adaptada se puede conseguir mejores resultados como lo enseña la muestra 3.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

VARGAS, M. J. PhD. y RAMON, J. A. PhD. 2007, BIODESULFURACIÓN DE CARBÓN: Una alternativa ambientalmente viable en la reducción de azufre del carbón, revista ambiental agua, aire y suelo. issn 1900-9178 volumen 2 número 2.

Ángel Aller, Olegario Martínez, José A. de Linaje, Rosa Méndez, Antonio Morán (2000): BIODESULPHURISATION OF COAL BY MICROORGANISMS ISOLATED FROM THE COAL ITSELF, Department of Chemical Engineering, University of León, León, Spain.

J. Cara, M. Vargas, A. Morán, E. Gómez, O. Martínez, F.J. García Frutos (2006): BIODESULPHURIZATION OF A COAL BY PACKED-COLUMN LEACHING. Simultaneous thermogravimetric and mass spectrometric analyses. Natural Resources Institute (Chemical Engineering Group), University of Leon, Avda. Portugal 41, 24071 Leon, Spain.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Sitio en Internet. [http:// www.creg.gov.co](http://www.creg.gov.co). Acceso 12 de mayo de 2003

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Sitio en Internet, <http://www.dnp.gov.co>. Acceso junio de 2014





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION: International energy outlook 1998 - 2020. Sitio en Internet - .
http://www.eia.org. Acceso de mayo de 2015

PLAN ENERGÉTICO NACIONAL. Participación del Gas Natural y del carbón en la generación térmica.
Perspectivas energéticas 1997- 2010. UPME

REVISTA ESCENARIOS Y [ESTRATEGIAS](#). Carbón Mineral. Reactivación del Consumo en el Interior del País. Unidad de Planeación Minero Energética. N° 6, octubre de 2000. pp 7 – 12.

REVISTA ESCENARIOS Y ESTRATEGIAS. [Plan](#) de masificación de gas. Desempeño en la última década. Unidad de Planeación Minero Energética. N° 6, octubre de 2000. pp 15 - 25

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Futuros para una energía sostenible en Colombia. Bogotá. 2000

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Plan de expansión de referencia. Generación transmisión, 2001 - 2015. Bogotá 2001

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA: [Estadísticas](#) minero energéticas - Sitio en Internet - .
http://www.upme.gov.co/estadisticas. Acceso 30 de abril de 2003

CARA, J. (2000). Tratamiento biológico del carbón en lecho fijo. Modificación de la combustividad. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.

Carranza M. Morgan. (1983). Introducción a la lixiviación microbiológica de sulfuros metálicos. Ingeniería química. Nov. 83.

J. Cara et al. Biodesulphurisation of high sulphur coal by heap leaching / Fuel 84 (2005) 1905–1910.

Perez H, Villa p (2004): Desulfuración Biológica: Una Alternativa para el Tratamiento de Emisiones de Gases a la Atmósfera, Agua Latinoamérica, Volumen 5, número 3.

Anders B. Jensen & Colin Webb (1995); Ferrous Sulphate Oxidation Using Thiobacillus ferrooxidans: a Review, Process Liochemistry, Vol. 30, No. 3, pp. 225-236, 1995

ELABORACION DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA A ESCALA 1:100.000 - BLOQUE 8 – IGAC

M.Sc. Ing. Julio Isaac Maldonado Maldonado
Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo - GIAAS, Universidad de Pamplona; Pamplona, Colombia
Director General Convenio 025 del 2013 – Unipamplona - Servicio Geológico Colombiano
jimaldonadom@unipamplona.edu.co.

Resumen

Este documento solo pretende informar a la comunidad científica el trabajo realizado por la Universidad de Pamplona del trabajo de investigación desarrollado bajo el Convenio de Cooperación 025 del 2013 para el Servicio Geológico Colombiano (SGC) quien mantiene derecho de propiedad intelectual, donde se realizó la Modelación de la Susceptibilidad de cada una de las variables y atributos y la Modelación de la susceptibilidad total y la generación de la Zonificación de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa el Bloque No 8 del IGAC





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



escala 1:100.000, con sus respectivas memorias, productos hoy forman parte del Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa escala 1:100.000, desarrollado sobre un área de 28.800 Km², dividida en 12 planchas de la zona central – norte del país, entre los ríos Magdalena y Cauca y desde los municipio de Yondó hasta Santa Rosa del Sur, dentro de los departamentos de Magdalena, Bolívar, Sucre, Norte de Santander, Santander, Antioquia y Cesar, generando como producto 12 mapas de zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa de las planchas IGAC (55, 64, 65, 74, 75, 84, 85, 95, 96, 107, 108 y 118), y con las respectiva memorias técnicas, trabajo en proceso de validación y verificación por parte del SGC, que una vez aprobado que forman parte mapa nacional de amenazas por movimientos en masa, herramienta de apoyo fundamental para la elaboración de los planes de ordenamiento territorial.

Palabras Clave: Mapa Nacional, Amenazas relativa, Movimientos en masa, Geomorfología, Geología, Cobertura, Suelos.

Área temática: Ordenamiento Territorial

Abstract

This document is only intended to inform the scientific community the work done by the University of Pamplona the research work carried out under the Cooperation Agreement 025 of 2013 for the Colombian Geological Survey (SGC), who holds intellectual property rights, this work performed the susceptibility modeling of each of the variables and attributes and overall susceptibility modeling and generation was carried out Zoning Threat relative mass movements block No 8 – IGAC, 1: 100,000 scale, with their memories, products are now part of the National Threat Map Relative Mass Movements 1: 100,000 scale, developed over an area of 28,800 km², divided into 12 sheets of central - north, between the Magdalena and Cauca rivers and from Yondó to Santa Rosa of South, into the departments of Magdalena, Bolívar, Sucre, Norte de Santander, Santander, Antioquia and Cesar, generating 12 maps as product the relative threat zoning for landslides on the IGAC plans (55, 64, 65, 74, 75, 84, 85, 95, 96, 107, 108 and 118), with the respective technical reports, work in process validated and verification by the SGC that are part of Threat National Map by landslides, fundamental support tool for the development of land use plans

Keywords: National Map, Relative Threat, Mass Movements, Geomorphology, Geology, Soils, Coverage.

Subject area: Ordering of Territory

INTRODUCCIÓN

Trabajo de investigación realizado por profesionales expertos a cargo de Unipamplona dentro del marco del Convenio de Cooperación 025-2013 con el Servicio Geológico Colombiano (SGC) dueño de la propiedad intelectual, desarrollado sobre en un área de 28.800 Km², dividida en 12 planchas localizadas en la zona central y norte del país, entre los ríos Magdalena y Cauca y los municipios de Yondó y Santa Rosa del Sur, inserta en los departamentos de Magdalena, Bolívar, Sucre, Norte de Santander, Santander, Antioquia y Cesar, generando como producto 12 mapas de zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa (Planchas IGAC Bloque No 8 No: 55,64,65,74,75,84,85,95,96,107,108 y 118), donde se realizó la Modelación de la Susceptibilidad de cada una de las variables y atributos y la Modelación de la Susceptibilidad total y la generación de la Zonificación de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa a escala 1:100.000, con las respectivas memorias técnicas, partiendo de insumos suministrados por el SGC ajustados y complementados, de las temáticas de





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



cobertura de la tierra y suelos edáficos, detonante lluvia, valores de aceleración horizontal máxima del terreno- PGA, mapas geológicos digitales escala 1:100.000 y en otras escalas, cartografía básica escala 1:100.000, modelo de elevación digital del terreno (DEM) y otros insumos aportados por Unipamplona (aerofotografías aéreas e imágenes LANDSAT y SPOT, etc.), siguiendo metodología sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa y el documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa ambos a escala 1:100.000, con verificación de campo; investigación tuvo una duración de 18 meses (oficina + campo); donde los mapas geomorfológicos se procesaron en licencia adquirida de ArcGis 10.2 a partir de insumos, realizando el análisis de imágenes, de sensores remotos, análisis fotogeológico y reconocimiento en campo realizando para la revisión, ajuste y caracterización de cada una de las unidades geomorfológicas, identificando procesos de movimientos en masa y erosivos existentes y la caracterización morfométrica terminó en mapas morfodinámicos que cuentan con toda la información secundaria antes mencionada y de los procesos en movimientos en masa y erosivos obtenida en campo y diligenciados en formatos e ingresados al Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) del SGC, unos cartográficos y otros incluidos como puntos. Esta investigación tuvo siempre el acompañamiento técnico del SGC en cabeza de la supervisión del convenio y de un equipo técnico que realizó seguimiento periódico a los informes mensuales de avance y mapas de campo; y orientación técnica y metodológica cuando fue requerida, siguiendo el cronograma detallado donde se precisaron las actividades, los tiempos programados y el personal responsable, culminando en la presentación de informes parciales y el informe final de la zonificación de amenaza relativa por movimientos de cada plancha a escala 1:100.000 y las memorias, que se elaboraron a partir de los insumos escala 1:100.000 y del mapa geomorfológico generado; el nivel de detalle se limitó a la escala de trabajo de acuerdo a la metodología establecida por el SGC y las especificaciones técnicas del software ArcGis 10.2, productos finales que una vez sean aprobados formaran parte del Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa escala 1:100.000, herramienta que será fundamental para el desarrollo territorial colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología

Para la generación del mapa de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, se emplearon variables cualitativas y cuantitativas; entre las variables cualitativas se encuentran: la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra y dentro las variables cuantitativas se encuentran la pendiente, longitud de la pendiente, rugosidad y acuenca, las cuales se derivan del modelo digital de elevación (DEM).

Se aplicó un análisis multicriterio que involucra la utilización de datos geográficos, debiendo establecer las preferencias y combinaciones (o agregaciones) de los datos, de acuerdo a reglas de decisiones específicas que han sido implementados en ambiente SIG (Malczewsky, 2006).

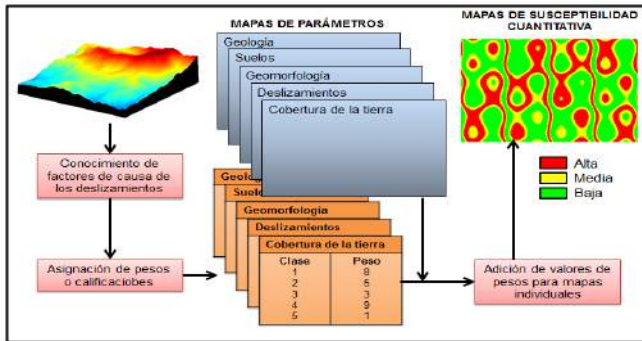
Para efectos de los análisis heurísticos para determinar el Índice de Susceptibilidad de Movimientos en masa (ISD), se utilizan procesos de análisis jerárquicos (AHP, por sus siglas en inglés). En la figura siguiente se resume el método heurístico utilizando como herramienta SIG. (SGC, 2013).

Figura 1. Uso de SIG para el análisis heurístico de susceptibilidad por movimientos en masa Tomado y modificado del (SGC, 2013).



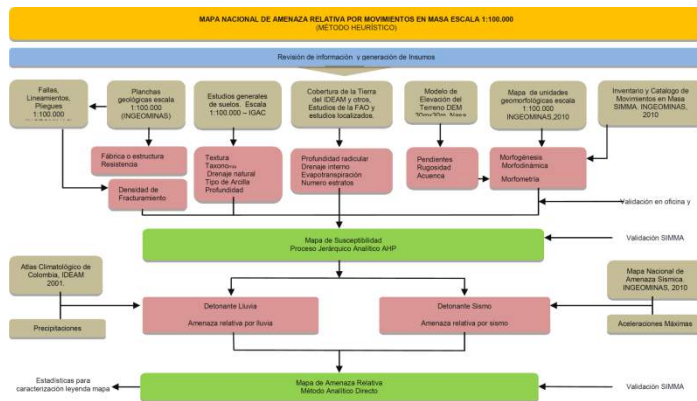


V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



La figura 2 es la metodología utilizada con autorización del Servicio Geológico Colombiano SGC para la obtención del mapa nacional de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa (SIMMA)- escala 1:100.000.

Figura 2. Diagrama metodológico para zonificación de la amenaza nacional por movimientos en masa escala 1:100.000, modificado del Estudio Zonificación de la amenaza por movimientos en masa escala 1:500.000. INGEOMINAS 2010.



En la Tabla 1 se relacionan los insumos suministrados por el SGC, que se utilizaron para la generación del Mapa de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000.

Tabla 1. Lista de insumos para la elaboración de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza. UP (2015)

INSUMOS	ESCALA	RESOLUCION	FORMATO	FUENTE
Cartografía Base	1:100.000		GeoDataBase	IGAC
Modelo Digital de Elevación	1:100.000	1 arco segundo (30,86 m)	Raster	NASA (IGAC) Alaska Satellite Facility NASA USGS
DEM A LOS PALSAR	1:100.000	12,5 metros	Raster	NASA USGS
Imágenes Landsat 7 y 8	1:100.000	30 y 15 m	Raster	SBT (IGAC)
Imágenes RapidEye	1:100.000	7 m	Raster	Google Earth, World Imagery
Imágenes Google Earth	1:100.000	1 m	Raster	Google Earth, World Imagery
Fotografías Aéreas a color	1:10.000	20 cm	Raster	IGAC
Fichas y memorias de unidades geológicas	1:100.000		Vector	SGC
Mapa y memorias de suelos	1:100.000		Vector	IGAC
Capa cobertura IDEAM-IGAC norte	1:100.000		Vector	IDEAM
Detonante sismo	1:100.000		Vector	SGC
Detonante Lluvia	1:100.000		Vector	IDEAM
Documento metodológico de la zonificación de la Susceptibilidad y amenaza por movimiento en masa escala 1:100.000	No aplica		Digital	SGC
Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimiento en masa escala 1:100.000	No aplica		Digital	SGC
Documento Movimientos en masa de la región andina: Una guía para la evaluación de la amenaza	No aplica		Digital	SGC

Geología

La susceptibilidad geológica define la propiedad inherente del terreno a desarrollar movimientos en masa, tendencia a partir de la composición de los materiales del subsuelo, la capacidad de soportar esfuerzos y la





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



respuesta de dichos materiales expresada en fracturamiento y deformación. La susceptibilidad a la geología describe un escenario preliminar y natural del tipo de material que constituye el subsuelo y es representado en un modelo vectorial constituido por los atributos: Calificación Textura, Calificación Resistencia y Calificación Densidad Fracturamiento.

La susceptibilidad de la variable de geología determinó diferentes categorías de calificación, éstas están distribuidas dependiendo del tipo de litología aflorante en la zona de estudio y relacionada con cada uno de los atributos procesados y en cada plancha se determinaron sus características geológicas más importantes y las zonas con diferentes calificaciones de susceptibilidad por movimientos en masa de la variable geología desde la susceptibilidad a movimientos en masa muy alta, alta, alta, media, baja y muy baja.

Suelos edáficos

El suelo constituye una variable de gran importancia en la evaluación de la susceptibilidad del terreno a movimientos en masa debido a que la génesis de los suelos parte de un estado litológico y su evolución los lleva a un momento en el tiempo en que tendrán una capacidad y respuesta ante la dinámica de las coberturas vegetales, la incidencia del clima y la intervención humana. Para inferir esa capacidad y respuesta, en esta ocasión, orientada a la posibilidad de degradación y deterioro por movimientos del suelo y estimar que tan susceptible o predispuesto está a los movimientos en masa, se requiere evaluar características a partir de algunas variables propias de la condición natural de los suelos (textura, taxonomía, drenaje natural, profundidad y tipo de arcilla).

Se localizaron y cuantificaron las áreas con diferentes rangos de susceptibilidad (muy alta, alta, media, baja y muy baja) asociadas a geoformas, cuerpos de agua, ambientes, asociaciones, relieves, afloramientos, materiales, clima, delimitando las áreas de afectación y se cuantifico la susceptibilidad total de los suelos y fenómenos de remoción en masa.

Cobertura de la tierra

La cobertura de la tierra es un resultado de la interacción de la dinámica natural geológica, geomorfológica, los suelos, el clima y sistemas de comunidades bióticas, interrumpida por el hombre para su supervivencia y desarrollo, interrupción que contribuye a la aparición de diferentes procesos como afectación en la evolución de las especies, deterioro de ecosistemas, cambios en el patrón de ciclos hidrológicos, cambios en las formas del relieve (en gran número de casos en forma negativa produciendo movimientos en masa, flujos, avalanchas, erosión).

Para el estudio "Zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000" en la variable de coberturas se evaluaron cuatro atributos: Profundidad radicular, Drenaje profundo, Evapotranspiración y Número de estratos, que aportaron a la construcción del modelo de susceptibilidad a la amenaza de remoción en masa.

De igual manera se cuantificaron las áreas porcentualmente con los diferentes rangos de susceptibilidad (muy alta, alta, media, baja y muy baja) y la significancias en función de la presencia de unidades como lagunas, lagos, zonas pantanosas, ciénagas naturales, pastos limpios, mosaicos de cultivos, pastos, espacios naturales, bosques, plantaciones forestales entre otras, actividades agropecuarias (dinámica de las coberturas vegetales) y tendencias hacia los fenómenos de remoción en masa

2.5 Geomorfología





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

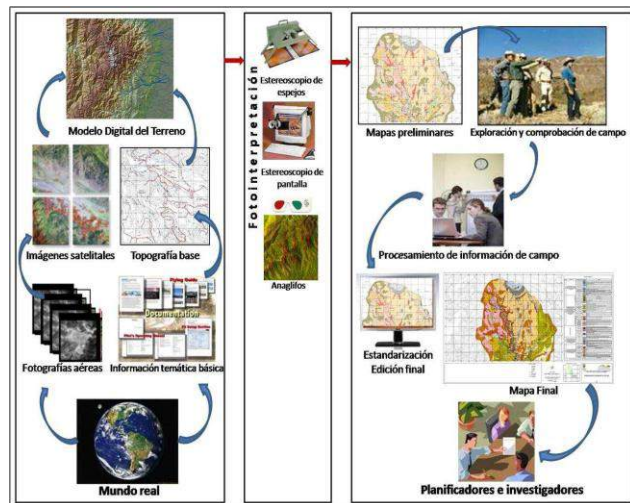


Tener el conocimiento geomorfológico de la zona de estudio suministra información acerca de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y recientes de terreno y su relación con las estructuras infrayacentes involucrando el paisaje con los procesos que le dieron origen y sus condiciones ambientales, por lo era necesario identificar y conocer cada una de los ambientes morfo-genéticos, teniendo por principio básico, que la clasificación geomorfológica esta dado en el concepto de geoforma “Land Forms”, de acuerdo con Savigear 1968 en M.O.P.T, (1990) y el ambiente morfo-genético que agrupa las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas, bajo las cuales se formaron las geoformas.

Se identificaron los diferentes ambientes morfo-genéticos (morfoestructural, volcánico, denudacional, fluvial, marino profundo y costero, glaciar, eólico, kárstico, antropogénico y/o biológico), unidades de relieve, atributos y parámetros, que fundamentaron la jerarquización geomorfológica fundamental a nivel de Unidad geomorfológicas (Esc: 1:100.000) y se representa los elementos básicos que componen un paisaje o modelo geomorfológico, definido con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala del proceso natural que lo conformó.

El proceso metodológico para para la obtención del mapa geomorfológico se realiza fundamentalmente en cuatro fases de las actividades necesarias que se ilustran el la figura 3.

Figura 3. Diagrama de actividades necesarias para la realización del mapa geomorfológico. (Tomado de Mendivelso 2010)



El mapa de susceptibilidad por la variable de geomorfología se generó a partir de un proceso de superposición temática de los atributos morfometría, morfogénesis y morfodinámica; asignándoles una ponderación a cada uno de estos atributos, con porcentajes ya establecidos dentro de la guía metodológica suministrada por el SGC (SGC, 2012), determinando también en cada planchas las zonas donde prevalece la susceptibilidad (muy alta, alta, media, baja y muy baja) y sus asociadas a geoformas, ambientes, asociaciones, relieves, delimitando las áreas de afectación.

Factor detonante lluvia

Generalmente los movimientos en masa están asociados a las lluvias, debido a que la temperatura media anual influye en el contenido de humedad del suelo, es decir, en zonas donde la precipitación media anual sea alta y la temperatura media anual sea baja, la humedad del suelo será mayor, lo cual contribuiría en mayor medida a





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



la generación de movimientos en masa. A mayor valor de lluvia máxima diaria, mayor saturación y mayor probabilidad que los procesos de inestabilidad en las laderas se generen. A mayor contenido de humedad antecedente en el suelo y mayor valor de lluvia máxima diaria, se incrementa la probabilidad de generarse movimientos en masa (GC, 2013).

El mapa de amenaza relativa a movimientos en masa por Detonante Lluvia; se obtiene del cruce del mapa factor detonante climático y el mapa de susceptibilidad relativa por movimientos en masa generado a partir del análisis de las variables Geología, Geomorfología, Suelos Edáficos y Cobertura Vegetal, determinando los sectores de acuerdo a los rangos de la amenaza a movimientos en masa afectado en los periodos de lluvias (detonante climático), áreas de las descargas y transporte que tienen influencia en la zona, registros de movimientos en masa de tipo inventario presentados principalmente en temporadas invernales.

Factor detonante sismo.

Desde el punto de vista ingenieril, las laderas y taludes se encuentran en estados que van desde muy estables a marginalmente estables. Cuando un sismo ocurre induce un movimiento del terreno a menudo suficiente para causar fallas a taludes que están marginalmente a moderadamente estables antes del sismo. Los daños resultantes pueden ser desde insignificantes a catastróficos dependiendo de la geometría y de las características del material que las conforman (SGC, 2013).

Un movimiento en masa puede ser fácilmente inducido por un sismo, razón por la cual para el estudio “Zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000” el detonante sismicidad constituye un elemento temático de gran importancia. El Mapa de Amenaza por Detonante Sismo se obtiene del cruce de las capas correspondientes al factor detonante sismo y el mapa de susceptibilidad relativa por movimientos mediante el procesamiento y superposición de las capas de las variables de Geología, Geomorfología, Suelos y Coberturas; mapa que revela la condición en la que se encuentra cada zona de estudio según los registros de la Red Sismológica Nacional de Colombia desde susceptibilidad muy alta a muy baja.

2.7 Análisis de resultados de zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimiento en masa

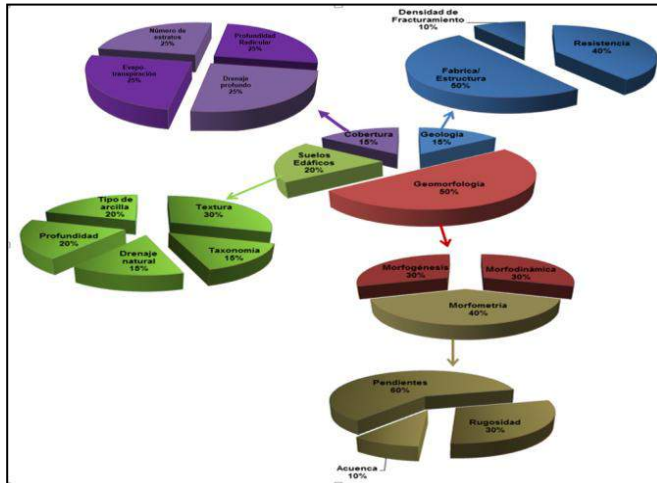
Los criterios geológicos, geomorfológicos, de suelos y de cobertura se definieron según el proceso analítico jerárquico “AHP” presentados en la Figura4, donde se precisan los diferentes elementos temáticos en orden de importancia a partir de los cuales se establece el mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa de las diferentes planchas

Figura 4. Diagrama de la jerarquía para elaborar el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa, con sus respectivos porcentajes





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



A continuación se describen los aspectos representativos que influyen a nivel de la susceptibilidad y determinan la amenaza relativa a fenómenos de remoción en masa al combinar la interacción entre los factores inherentes y desencadenantes, que intervienen en estos procesos.

Susceptibilidad por movimiento en masa

El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, en cada plancha caracterizó la zonificación de susceptibilidad ó inestabilidad, definiendo cinco rangos de clasificación desde muy baja, baja, alta y muy alta, determinando el área y su porcentaje. Los escenarios de amenaza relativa por movimientos en masa de cada plancha también se cuantificaron y se delimitaron por áreas y porcentajes de áreas en las categorías desde muy baja, baja, media, alta y muy alta

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de la susceptibilidad

A continuación se presentan los insumos resultados obtenidos de la susceptibilidad por movimientos en masa después de aplicar y calcular cada una de las variables.

3.2. Susceptibilidad de Geología.

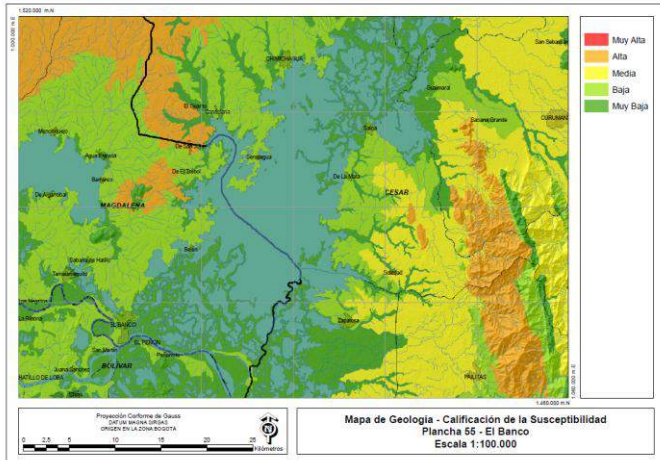
Como se muestra en la **Figura 5. Ejemplo - Mapa de calificación de la variable geológica con respecto a la susceptibilidad a movimientos en masa, Plancha 55 – El Banco**, la susceptibilidad de la variable de geología determinó diferentes categorías de calificación, éstas están distribuidas dependiendo del tipo de litología aflorante en la zona de estudio y relacionada con cada uno de los atributos, procesados en la plancha 55.

Figura 5. Ejemplo - Mapa de calificación de la variable geológica con respecto a la susceptibilidad a movimientos en masa, Plancha 55 – El Banco





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



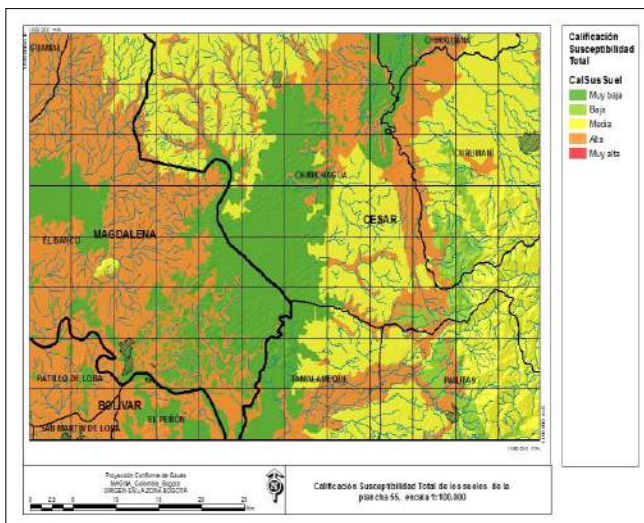
Se encontró además que se presentó inconsistencia de la realidad con el modelo de susceptibilidad geológica a los movimientos en masa en zona correspondientes a una planicie y esto es posiblemente por los resultados obtenidos en el atributo Textura/Fabrica de las rocas clásticas consolidadas.

3.3. Susceptibilidad por Suelos.

Se cuantificaron porcentualmente las áreas correspondientes a los diferentes rangos de susceptibilidad (muy alta, alta, media, baja y muy baja) y sus asociadas a geoformas, cuerpos de agua, ambientes, asociaciones, relieves, afloramientos, materiales, clima, delimitando las áreas de afectación y se cuantificando la susceptibilidad total de los suelos a los fenómenos de remoción en masa.

La Figura 6 muestra a manera de ejemplo la susceptibilidad total de los suelos a la amenaza relativa a fenómenos de remoción en masa específicamente en la plancha 55.

Figura 6. Mapa de calificación de la susceptibilidad total de los suelos edáficos plancha 55



3.4 Susceptibilidad por Cobertura

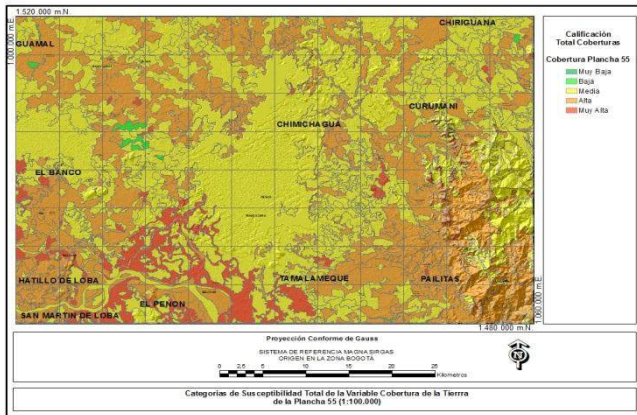
De igual manera se elaboraron los mapas de la calificación de la susceptibilidad ara la variable cobertura. La Figura 7 se presenta la susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 55.

Figura 7. Categorías de susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 55.



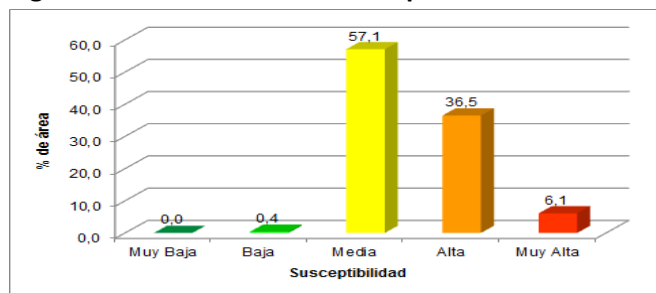


V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Aquí se cuantificaron las áreas porcentualmente con los diferentes rangos de susceptibilidad y su significancias en función de la presencia de unidades, actividades agropecuarias (dinámica de las coberturas vegetales) y tendencias hacia los fenómenos de remoción en masa.

Figura 8. Distribución de la susceptibilidad de la variable coberturas de la tierra, plancha 55



3.5. Susceptibilidad por la Geomorfología

Se generó a partir de un proceso de superposición temática de los atributos morfometría, morfogénesis y morfodinámica; asignándoles una ponderación a cada uno de estos atributos, con porcentajes ya establecidos dentro de la guía metodológica suministrada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2012), determinando también en cada planchas las zonas donde prevalece la susceptibilidad (muy alta, alta, media, baja y muy baja) y sus asociadas a geoformas, ambientes, asociaciones, relieves, delimitando las áreas de afectación.

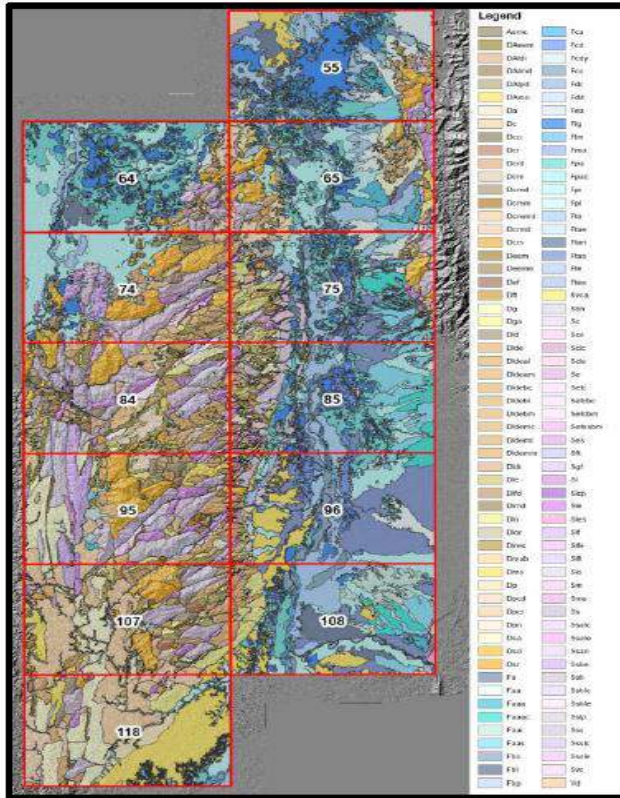
a) Se elaboraron doce (12) mapas geomorfológicos identificados con los números: (55, 64, 75, 85, 96, 108, 118, 107, 95, 84, 74 y 65), aplicados a movimientos en masa a escala 1:100.000 de cada plancha que conforman el bloque No 8, que incluyeron las unidades geomorfológicas de la leyenda, junto con la descripción de cada unidad y su respectivo perfil geomorfológico, los bloques diagramas tal como lo establece la metodología suministrada por el Servicio Geológico Colombiano-SGC.

Figura 9. Mapa Índice las planchas geomorfológicas Bloque 8.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



- b) Memorias explicativas de los doce (12) mapas geomorfológicos (55, 64, 75, 85, 96, 108, 118, 107,95, 84,74 y 65) aplicados a movimientos en masa escala 1:100.000, generados para cada una de las planchas que conforman el bloque 8.
- c) Doce mapas de los procesos morfodinámicos de cada una de las planchas que conforman el bloque 8, Identificadas con los números: (55, 64, 75, 85, 96, y 108, 118, 107, 95, 84,74 y 65)
- d) Se elaboraron doce (12) Bloques diagramas tridimensionales correspondientes a las doce (12) planchas del bloque 8.
- e) Se elaboraron los doce (12) archivos de ploteo correspondientes a las salidas gráficas de cada una de las planchas geomorfológicas del bloque 8.
- f) Memorias de los mapas geomorfológicos bloque 8:Se elaboraron las memorias de los doce (12) mapas geomorfológicos correspondientes a las planchas del bloque 8, identificadas con los números y nombres acorde con las planchas topográficas del IGAC (55, 64, 75, 85, 96, 108, 118, 107, 95, 84,74 y 65).

Figura 10. Bloques diagramas tridimensionales de las doce (12) planchas geomorfológicas del bloque No 8.

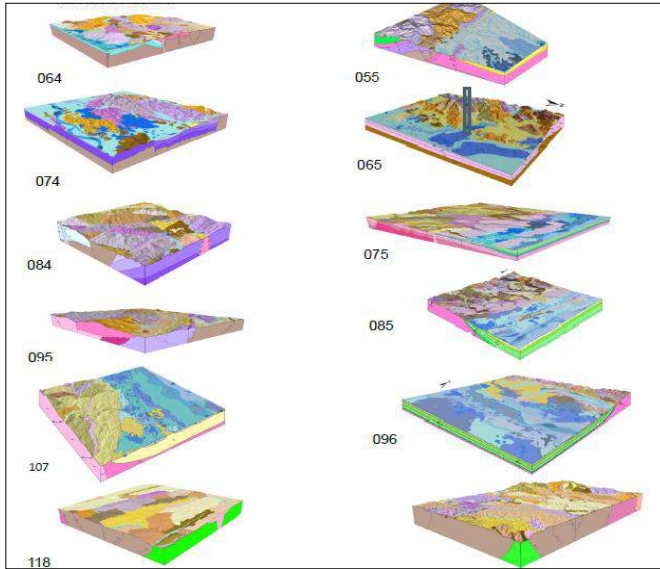
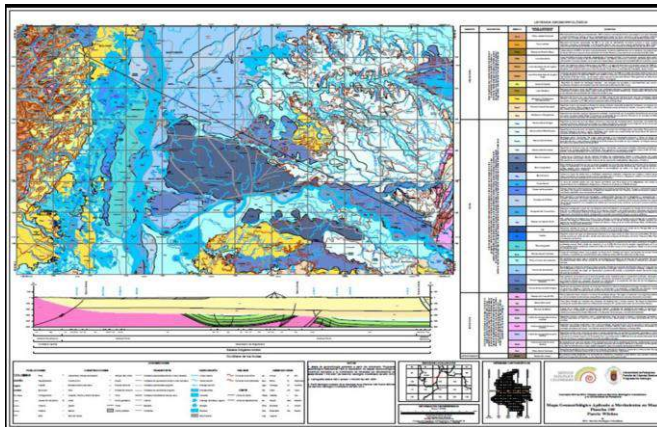


Figura 11. Mapa de susceptibilidad geomorfológica – Plancha 108, Puerto Wilches.

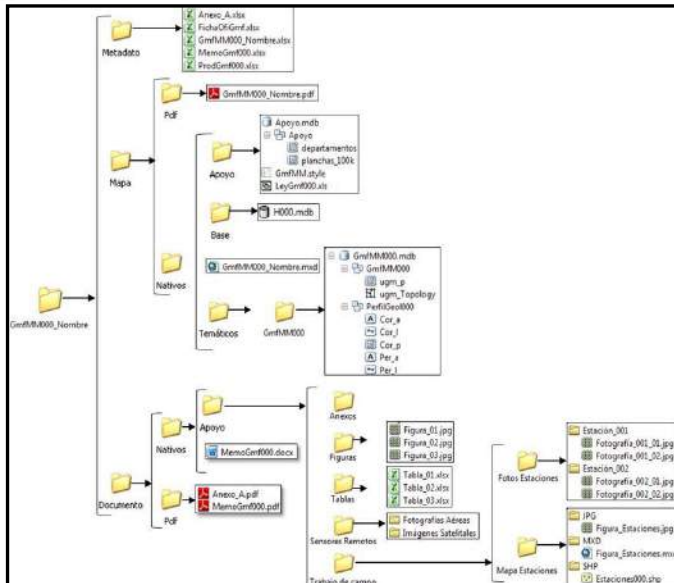


La Figura 12 muestra el almacenamiento de todas las planchas de susceptibilidad geomorfológicas del Bloque 8.

Figura 12. Imagen del almacenamiento de las planchas de susceptibilidad geomorfológicas del Bloque 8.

Nombre	Tamaño	Comprimido	Tipo	Modificado	CRC32
..			Carpeta de archivos		
GmfMM055_El_Banco.pdf	5.628.338	5.359.661	Adobe Acrobat Do...	06/09/2015 17:32	8D9840DB
GmfMM064_Pinillos.pdf	7.796.498	7.546.616	Adobe Acrobat Do...	06/09/2015 17:47	F392AEBB
GmfMM065_Tamalameque.pdf	5.755.165	5.523.837	Adobe Acrobat Do...	06/09/2015 17:39	D7857C08
GmfMM074_Guaranda.pdf	4.693.291	4.466.867	Adobe Acrobat Do...	06/09/2015 12:50	C801FE2F
GmfMM075_Morales.pdf	5.951.366	5.718.888	Adobe Acrobat Do...	03/09/2015 17:17	A41DC390
GmfMM084_Los_Canelos.pdf	5.780.714	5.557.594	Adobe Acrobat Do...	06/09/2015 19:47	784C11BD
GmfMM085_Simiti.pdf	5.719.962	5.329.154	Adobe Acrobat Do...	06/09/2015 19:42	1C77DC1D
GmfMM095_Buenavista.pdf	4.954.403	4.727.665	Adobe Acrobat Do...	06/09/2015 12:55	593207CD
GmfMM096_San_Rafael.pdf	5.947.100	5.582.736	Adobe Acrobat Do...	06/09/2015 13:05	D65872F8
GmfMM107_Cerro_Azul.pdf	4.773.498	4.542.970	Adobe Acrobat Do...	06/09/2015 16:06	083B92F
GmfMM108_Puerto_Wilches.pdf	4.460.261	4.131.470	Adobe Acrobat Do...	03/09/2015 8:29	DF3CE8D9
GmfMM118_San_Francisco.pdf	6.041.308	5.772.656	Adobe Acrobat Do...	03/09/2015 17:23	7F216ED8

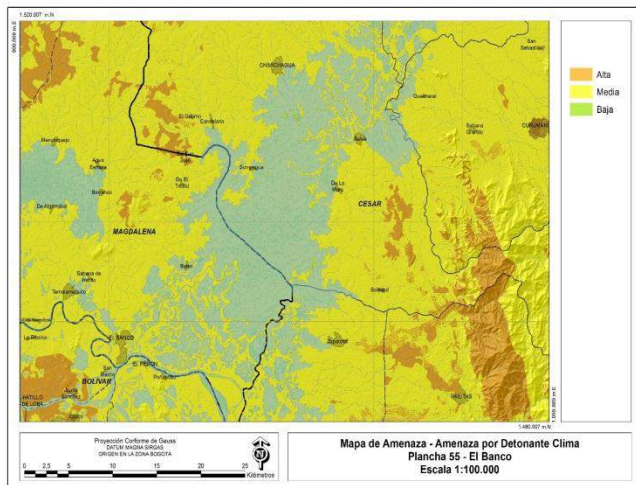
Figura 13 Estructura de almacenamiento de los anexos y apoyos de los productos de geomorfología.



3.6 Mapas de Susceptibilidad y Amenazas por movimientos en masa del bloque 8

Se obtuvo del cruce del mapa factor detonante climático y el mapa de susceptibilidad relativa por movimientos en masa generados a partir del análisis de las variables Geología, Geomorfología, Suelos Edáficos y Cobertura Vegetal.

Figura 14. Mapa de Amenaza Relativa a Movimientos en Masa, por Detonante Climático Plancha 55-El Banco.



Así como en la plancha anterior se determinaron en cada plancha los sectores de acuerdo a los rangos de la amenaza a movimientos en masa afectado en los periodos de lluvias (detonante climático), áreas de las descargas y transporte que tienen influencia en la zona, registros de movimientos en masa de tipo inventario presentados principalmente en temporadas invernales. En total se elaboraron:



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Se elaboraron las doce (12) planchas de zonificación de susceptibilidad y doce (12) planchas de amenaza por los movimientos en masa a escala 1:100.000, correspondientes a las planchas (55, 64, 75, 85, 96, 108, 118, 107, 95, 84,74 y 65) que conforman el bloque 8 y relacionadas a continuación.

Figura 15. Mapa Susceptibilidad por movimientos en masa plancha 55, El Banco.

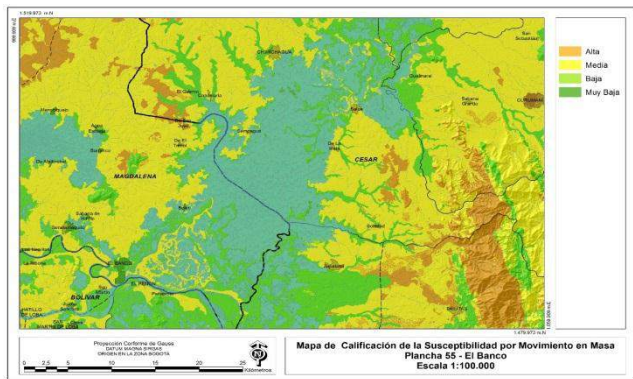


Tabla 2. Relación porcentual de la susceptibilidad a movimientos en masa que cubre la zona de la plancha 55, El Banco.

SusMovMasa	Categoría SusMovMasa	Area ha	Area ha (%)
1	Muy Baja	8408,50	3,50
2	Baja	91937,78	38,31
3	Media	118947,64	49,56
4	Alta	20701,92	8,63
		24000,00	100,00

Se elaboraron las doce (12) Memorias explicativas correspondientes a la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, que conforman el bloque 8, identificadas con los números: (55, 64, 75, 85, 96, 108, 118, 107, 95, 84,74 y 65) 8. Las memorias contienen en cada capítulo de zonificación de susceptibilidad correspondiente a cada una de las planchas 8.

3.7. Mapas de amenazas por movimientos en masa correspondientes al bloque 8

a) Se elaboraron doce (12) mapas de zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000, que conforman el bloque 8, las cuales son identificadas con los números: (55, 64, 75, 85, 96, y 108, 118, 107, 95, 84,74 y 65).

Figura 16. Clasificación del mapa de zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa (Adaptado de INGEOMINAS en SGC 2013).

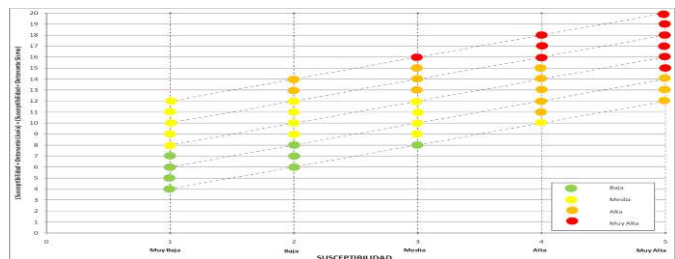


Figura 37. Mapa de amenaza relativa por movimientos en masa de la plancha 55, El Banco.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

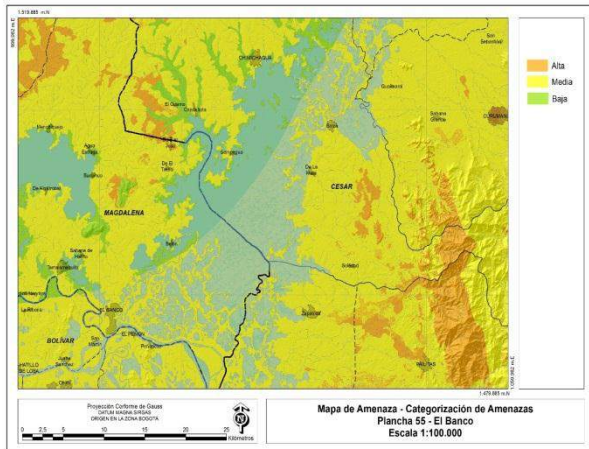


Figura 18 Mosaico de las doce (12) planchas de susceptibilidad y amenazas del bloque 8.

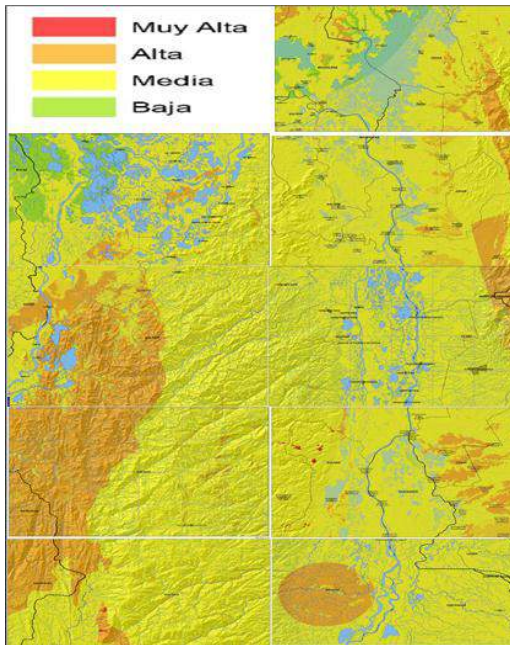


Figura 19. Almacenamiento de las doce (12) planchas de susceptibilidad del bloque 8.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Nombre	Tipo	Tamaño comprimido	Protegido	Tamaño	Relección	Fecha de modificación
AmeMM55_El Banco	Adobe Acrobat Document	4.352 KB	No	5.328 KB	10%	03/09/2015 23:02
AmeMM64_Piñiles	Adobe Acrobat Document	3.573 KB	No	4.351 KB	10%	04/09/2015 13:51
AmeMM65_Tamajameque	Adobe Acrobat Document	4.133 KB	No	3.054 KB	10%	05/09/2015 19:08
AmeMM74_Guzanda	Adobe Acrobat Document	3.477 KB	No	4.226 KB	10%	08/09/2015 18:21
AmeMM75_Morales	Adobe Acrobat Document	4.252 KB	No	3.174 KB	10%	08/09/2015 18:57
AmeMM84_Los Canales	Adobe Acrobat Document	4.094 KB	No	4.987 KB	10%	08/09/2015 19:04
AmeMM85_Simón	Adobe Acrobat Document	3.828 KB	No	4.057 KB	10%	08/09/2015 19:53
AmeMM95_Basavita	Adobe Acrobat Document	6.740 KB	No	4.533 KB	10%	08/09/2015 19:17
AmeMM96_San Rafael	Adobe Acrobat Document	2.448 KB	No	4.189 KB	10%	08/09/2015 12:44
AmeMM107_Cerro Azul	Adobe Acrobat Document	3.943 KB	No	4.305 KB	10%	09/09/2015 13:57
AmeMM108_Puerto Vilches	Adobe Acrobat Document	3.405 KB	No	4.136 KB	10%	09/09/2015 13:56
AmeMM118_San Francisco	Adobe Acrobat Document	2.650 KB	No	3.191 KB	10%	09/09/2015 15:08
SubMM51_El Banco	Adobe Acrobat Document	10.979 KB	No	21.245 KB	21%	05/09/2015 21:01
SubMM64_Pañizles	Adobe Acrobat Document	4.230 KB	No	3.765 KB	10%	04/09/2015 13:29
SubMM65_Tamajameque	Adobe Acrobat Document	4.825 KB	No	3.888 KB	10%	05/09/2015 20:00
SubMM74_Guzanda	Adobe Acrobat Document	3.929 KB	No	4.822 KB	10%	08/09/2015 18:16
SubMM75_Morales	Adobe Acrobat Document	4.796 KB	No	3.043 KB	10%	08/09/2015 11:16
SubMM84_Los Canales	Adobe Acrobat Document	4.428 KB	No	3.391 KB	10%	08/09/2015 19:09
SubMM85_Simón	Adobe Acrobat Document	4.126 KB	No	3.260 KB	10%	09/09/2015 10:52
SubMM95_San Rafael	Adobe Acrobat Document	3.879 KB	No	4.646 KB	10%	09/09/2015 13:10
SubMM107_Cerro Azul	Adobe Acrobat Document	4.235 KB	No	3.740 KB	10%	09/09/2015 13:55
SubMM108_Puerto Vilches	Adobe Acrobat Document	3.808 KB	No	4.852 KB	10%	09/09/2015 13:48
SubMM118_San Francisco	Adobe Acrobat Document	2.821 KB	No	4.740 KB	10%	09/09/2015 13:01

b) Se elaboraron doce (12) Memorias explicativas de las doce (12) planchas de zonificación de susceptibilidad y amenazas relativas por movimientos en masa, que conforman el bloque 8. Identificadas con los números: (55, 64, 75, 85, 96, y 108, 118, 107, 95, 84,74 y 65). Las memorias contienen el capítulo de zonificación de susceptibilidad y amenaza correspondiente en cada plancha del bloque 8.

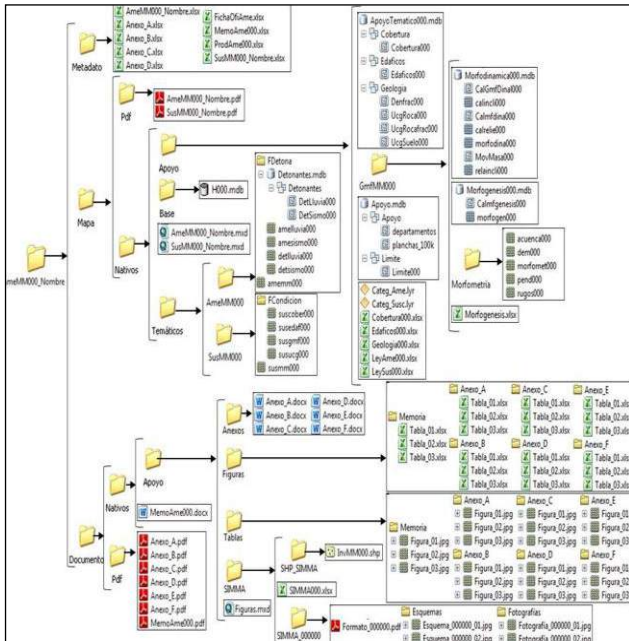
Figura 20 Memoria de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa plancha No 107 Cerro Azul.



Figura 20 Estructura de almacenamiento de los anexos y apoyos de los productos de susceptibilidad y amenaza



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Aportes Temáticos de la Universidad al SGC

1. La Universidad de Pamplona aportó la consecución de nuevos insumos al proyecto (imágenes de satélite, imágenes de radar, modelos digitales de alta resolución, fotografías Aéreas en blanco y negro y a color de algunas planchas), para la elaborar los doce (12) mapas geomorfológicos y los doce (12) mapas de susceptibilidad y Amenazas que conforman el bloque 8.

2. Aporte de una herramienta geomática valiosa, utilizada en el proceso del modelamiento de la susceptibilidad y la amenaza del bloque 8 que facilitó el mismo.

2.8 Aportes del Proyecto a la Universidad

Experiencia en el desarrollo de metodologías para la elaboración de mapas de susceptibilidad y amenazas.

Equipos: 10 GPS, 10 Estereoscopios y muebles para la sala de Fotogrametría y Fotointerpretación, 10 brújulas, 4 PC.

Información: Mapas de Geología, Cobertura vegetal, Suelos, Geomorfología, Susceptibilidad y Amenazas relativas por Movimientos en masa escala 1:100.000 y todas las memorias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los productos de este estudio representan una aproximación en el conocimiento regional de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa, y constituyen una fuente de consulta importante para la planificación territorial local.

La zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa se cuantificó porcentualmente para cada plancha indicando el mayor predominio de valores raqueados entre muy baja, baja, moderada y alta susceptibilidad siendo ésta última la representa el área afectada. Igualmente se hizo para los escenarios de amenaza relativa por movimientos en masa. Los resultados obtenidos en la zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa para cada plancha, a partir del análisis jerárquico, reflejan la realidad observada en campo, ya que los movimientos en masa inventariados están asociados a esta zona. Sin embargo se detectaron algunas





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



inconsistencias para las regiones de la planicie aluvial ya que el sector no es tan susceptible a este tipo de movimientos, como sí lo son para procesos erosivos por acción de las corrientes superficiales, esto porque la génesis de estas planicies son totalmente diferente, sin embargo se encuentran con igual categoría de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa.

En las zonas de amenaza alta se recomienda la realización de estudios a escalas más detalladas siguiendo los lineamientos de la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa publicada por el Servicio Geológico Colombiano en 2015.

En los escenarios de amenaza alta que a los municipio deben recibir atención prioritaria, recomendando a las entidades Departamentales, locales y Corporaciones Autónomas regionales, emprender programas para el desarrollo sostenible del territorio que conlleven a un mejor uso del suelo y que incluya áreas restringidas para la actividad ganadera, y que se reglamenten las áreas forestales que se encuentren con pendientes muy abruptas y escarpadas.

Los insumos correspondientes a los factores detonantes, sismo y lluvia, presentan una variabilidad espacial y temporal muy regional, y no coinciden con la escala de este trabajo 1:100.000, razón por la cual el resultado de amenaza relativa está muy generalizada y en algunos sectores se pueden estar sobreestimando y subestimando la categorización total.

Se recomienda incluir la erosión como atributo descriptivo de la variable suelos, para caracterizar áreas potencialmente inestables derivadas de los procesos de degradación de los suelos, ya que, éstos en estado avanzado nivel de cárcavas es responsable de la generación de movimientos en masa sobre todo en laderas donde se ha excedido en la deforestación, la minería y el sobrepastoreo.

Para efectos de futuros trabajos se recomienda la utilización de insumos de mejor resolución como fotografías aéreas de la cámara digital y de fechas más recientes, con las cuales es posible llegar a un reconocimiento de fenómenos de movimientos en masa a nivel de polígono.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CORANTIOQUIA. 2013. Documento técnico de análisis de factores detonantes por precipitación y sismicidad. Medellín.

CORTÉS, L. A. MALAGÓN, C.D. 1984. Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.

DE BROUWER, et al. 1994. Introduction to the Use of Geographic Information Systems for Practical Hydrology.

FELDMAN, A. 2000. Hydrologic Modeling System HEC- HMS - Technical Reference Manual. California: US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center.

IDEAM. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, Escala 1:100.000. Bogotá DC: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM, 2005. Atlas Climatológico de Colombia. Bogotá.

INGEOMINAS - UNIVERSIDAD NACIONAL. 2010. Mapa Nacional de Amenaza Sísmica. Bogotá.

INGEOMINAS - UIS. (2006). Geología de la Plancha 55 - El Banco, Escala 1:100.000. Bogotá, D.C.

INSTITUTO GEOGÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 2007. Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso.

INSTITUTO GEOGÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 1997. Estudio General de Suelos Departamento de Cesar. Bogotá.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI-DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 2004. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras: Departamento de Bolívar (2 ed.). Bogotá.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI-SUBDIRECCIÓN DE AGROLOGÍA. (2009). Estudio General de Suelos y Zonificación de tierras: Departamento del Magdalena, Escala 1:100000. Bogotá.

JENSON, S. K. AND J.O. DOMINGUE. 1988. "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 (11): 1593-1600.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 2013. Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos En Masa Escala 1:100.000. Bogotá.

SUAREZ, J. 2001. Control de Erosión en Zonas Tropicales. Bucaramanga.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO, Red Sismológica Nacional de Colombia. (<http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/>), a las 9:00 am, el 02 de julio de 2015.

ZHAN, X. & HUANG , M. (2004). ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. Revista ELSEVIER. Recuperado desde: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815204000842>

URBAN AND AGRARIAN EXPANSION LIKE ONE MORE VARIABLE IN THE COMPLEX EQUATION OF THE GLOBAL BALANCE OF ENERGY: STUDY OF CASE CLIMATIC CHANGE

EXPANSION URBANA Y AGRARIA COMO UNA VARIABLE MÁS EN LA COMPLEJA ECUACIÓN DEL BALANCE GLOBAL DE ENERGIA: ESTUDIO DE CASO CAMBIO CLIMÁTICO

Barrera, O. G.*

*Ingeniero Civil Oscar Gerardo Barrera Monsalve. Estudiante Maestría en Ingeniería Ambiental V Cohorte, Grupo de Investigación: Gestión integral del territorio – GIT, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Tel: 312-3511056, e-mail: oscargbarreram@gmail.com

Mosquera, J.*





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



***PosDoctor Jemay Mosquera Tellez. Profesor Titular, Grupo de Investigación: Gestión integral del territorio – GIT**, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Tel: 3118125054, e-mail: jemay.mosquera@hotmail.com

Universidad de Pamplona

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140

Abstract: The hypothesis arises if the surrounding urban and agricultural expansion for maintenance affects the Global Energy Balance and affects climate change, the above taking into account the considerable extension of currently existing urban and suburban areas.

Resumen: Se plantea la hipótesis si la expansión urbana y agraria circundante para su mantenimiento, afecta el Balance Global de Energía e incide en el cambio climático, lo anterior teniendo en cuenta las considerables extensión de las áreas urbanas y periurbanas existentes actualmente.

Keywords: Global Balance of Power, Radiation, Albedo, Urban heat island

Palabras Claves: Balance Global de Energía, Radiación, Albedo, Isla de Calor Urbana,

INTRODUCCIÓN

El clima tal y como se percibe es el resultado de la injerencia de factores astronómicos y geográficos, cobrando este último mayor importancia al reducir la escala del análisis. El clima Urbano es prueba del anterior planteamiento, pues en conjunto las construcciones y actividades humanas afectan los flujos naturales de energía creando un microclima urbano (Coronel, Feldman y Piacentini, 2014).

Uno de los elementos determinantes en la temperatura terrestre y motor de todos los fenómenos atmosféricos es la Radiación Solar (Users 2012). Un método práctico para conocer las funciones de la atmosfera es mediante el Balance Global de Energía.

2. BALANCE GLOBAL DE ENERGIA

2.1. Definición

El Balance Global de Energía está relacionado con la primera Ley de termodinámica y es el resultado del análisis de la incidencia de la Radiación Solar sobre el planeta.



El Balance Global de Energía es la relación entre la energía proveniente del sol y la energía regresada al espacio por emisión de la radiación terrestre. En dicho balance intervienen varios factores; Uno de sus componentes es el Albedo, el cual se define como la reflectividad de la superficie terrestre y se refiere a la energía reflejada desde la Tierra al universo. La radiación total (= radiación global) que llega a la superficie terrestre se compone de la suma de la radiación solar (la más importante) y la radiación difusa del universo (Porteous, 1992). El Albedo normalmente se ha trabajado como valor constante del 31%.

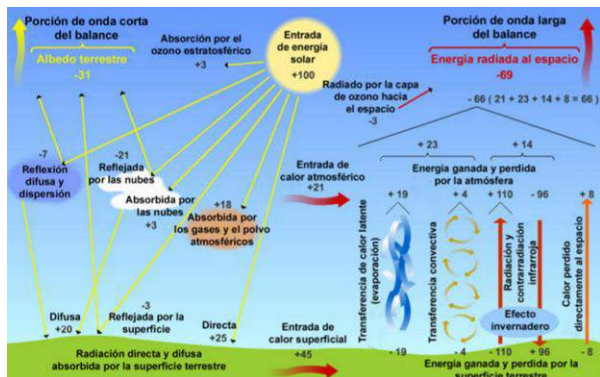


Figura 1. Balance Energético en la atmósfera

Fuente: google académico

2.2. Componentes

El Balance Global Energética posee los siguientes componentes:

Radiación solar. Este componente corresponde a la radiación emanada por el sol y varía su intensidad en la atmósfera terrestre de acuerdo a los siguientes factores: Cósmicos (Ciclos solares), Geográficos (Latitud, altitud, inclinación del suelo, Estación del año) y atmosféricos (tipo de nubosidad, Partículas en suspensión).

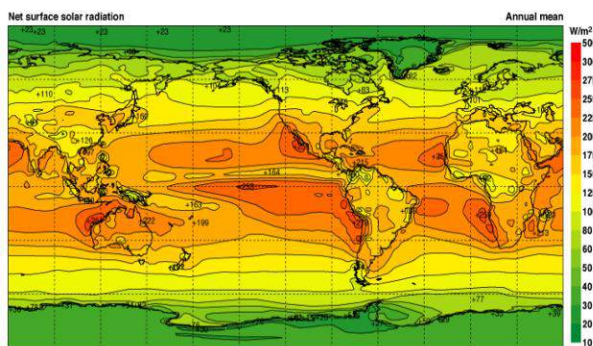


Figura 2. Distribución espacial, radiación solar sobre superficie.

Fuente: Kallberg et al., 2005.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Radiación terrestre. Este tipo de radiación corresponde a la emanada por la superficie del planeta y corresponde a longitudes de onda larga. Los factores que influyen en la radiación terrestre son: nubosidad, vapor de agua y dióxido de carbono.

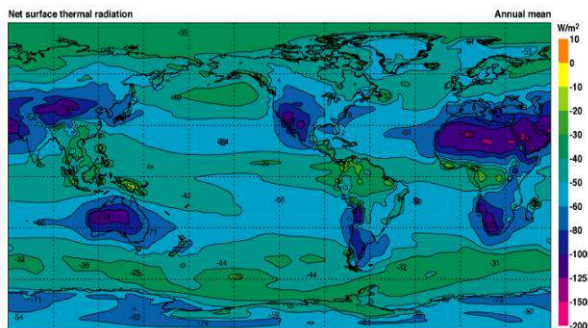


Figura 3. Emisión de radiación de onda larga.
 Fuente: Kallberg et al., 2005.

Albedo. Este componente corresponde a la radiación recibida de la atmosfera y reflejada por la superficie terrestre. Posee como principal factor de influencia el tipo de superficie irradiada.

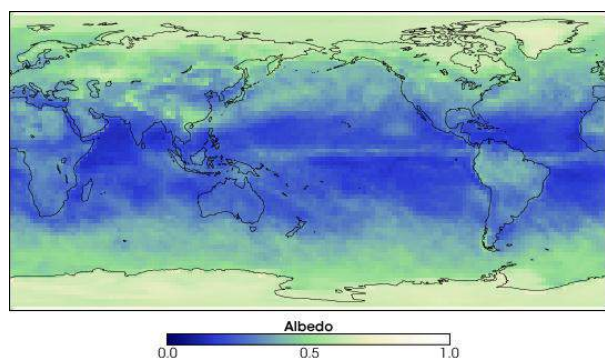


Figura 4. Albedo.
 Fuente: National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2005.

3. ALBEDO



3.1. Definición

El Albedo es el cociente entre la radiación solar que regresa al espacio producto de la reflectancia y el total de la radiación solar recibida. Las superficies claras tiene valores superiores de albedo a las oscuras (Capuano y Martin, 2005).

El albedo es importante para valorar la radiación total y es uno de los parámetros principales en los modelos de balance global de energía.

El albedo varía según el tipo de superficie, la cual presenta característica espectral y reflectividad conforme a sus particulares como son: Contenido de material orgánico y mineral, color, humedad y estado de la superficie.

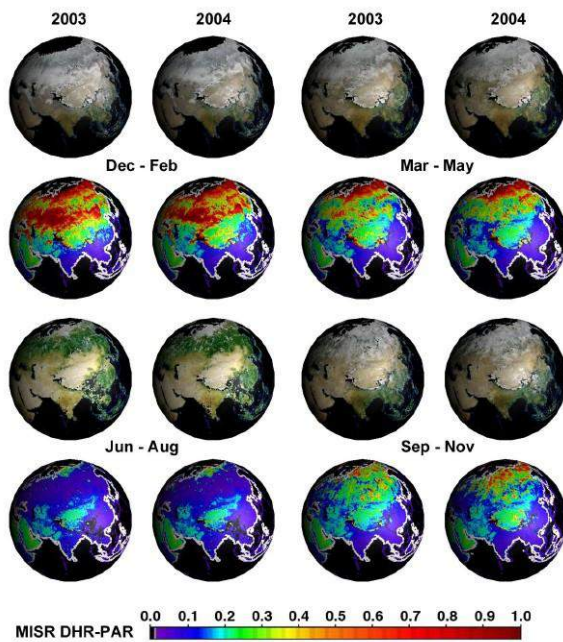


Figura 5. Radioespectrometro de imágenes multiángulo.

Fuente: National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2005.

4 EXPENSION URBANA Y AGRARIA

El crecimiento urbano, industrial y agrario periurbano son los principales responsables de alterar el clima de las ciudades como consecuencia del reemplazo de coberturas naturales por superficies antropogenicas, bien sea de naturaleza artificial (cemento, concreto, ladrillo entre otros) o introducción de superficie natural diferente a la nativa.

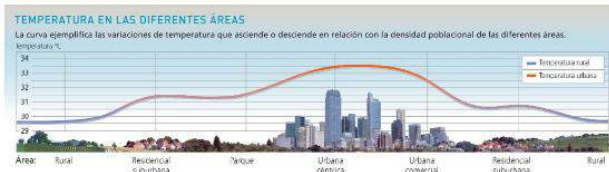


Figura 6. Temperaturas en las diferentes áreas.

Fuente: Camilloni y Vera, 2006.

La urbanización provoca varias modificaciones, entre las cuales sobresale el aumento en la temperatura atmosférica; fenómeno conocido como “Isla de Calor Urbana” (ICU).

Por lo general, el área urbana presenta temperaturas altas en el centro o núcleo del área donde las edificaciones forman una agrupación densa y compacta. Las temperaturas tienden a disminuir hacia los sectores menos poblados.

Balance de Energía Ciudad:



Figura 7. Balance de energía ciudad.

Fuente: Idrobo y Hernandez, 2009.

Los factores que influyen en el fenómeno son:

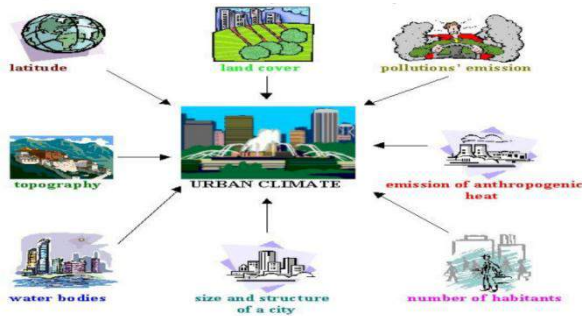


Figura 8. Factores que influyen en el ICU.
 Fuente: Idrobo y Hernandez, 2009.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados de estudios de ICU muestra el aumento progresivo de las temperaturas en las ciudades conforme se expanden las mismas.

En la ciudad de Cali, datos tomados de los años 1989 y 2003 demostraron el aumento progresivo de las temperaturas producto de las entradas positivas al Balance de Energía de la Ciudad.

Distribución de Temperaturas Landsat TM 4 (1989) Distribución de Temperaturas Landsat ETM + (2003)

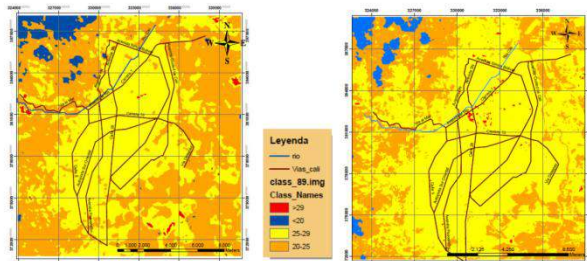


Figura 9. Distribución de Temperaturas Landsat TM 4 (1989) y Landsat ETM + (2003).
 Fuente: Idrobo y Hernandez, 2009.

En la figura 9 se observa el claro aumento de la temperatura en el rango de 25 a 29 °C.

En estudios realizados en los cuales se incluyen áreas urbanas, sembradíos y pastos, se observa, que en las urbanas presentan el fenómeno de ICU y en las zonas periurbanas afectadas para el desarrollo de la agricultura y ganadería por perdida de la cobertura vegetal podrían llegar a presentarse perdida de albedos a escala local debido al cambio del tipo de suelo sobre la superficie por intervención antropogenica o incluso procesos de erosión.

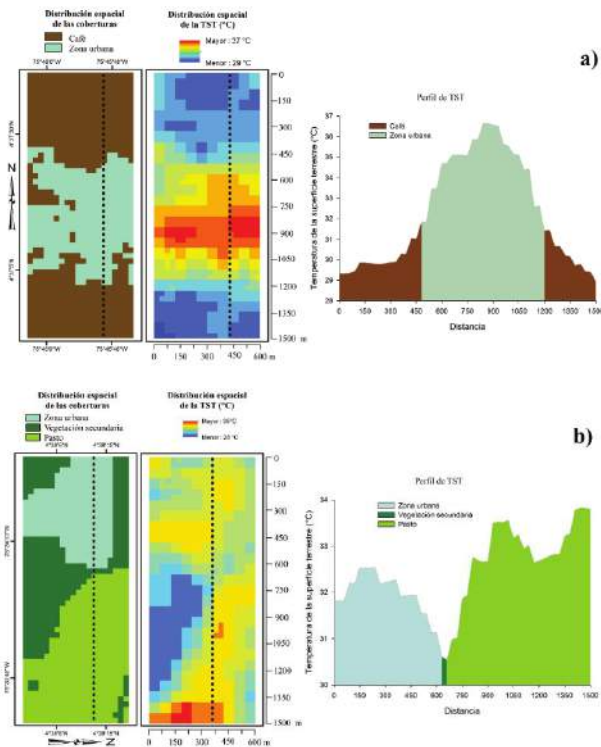


Figura 10. Distribución espacial de las coberturas y la Temperatura de la Superficie Terrestre (TST), con perfiles de temperatura ilustrando los contrastes de las transiciones entre diferentes tipos de cobertura. a) Café-Zona Urbana, b) Zona Urbana-Vegetación secundaria-Pasto. La línea negra punteada muestra el transecto trazado para elaborar el perfil de temperatura.
 Fuente: Carvajal y Pabón, 2013.

5. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos de los estudios de caso tratados en el presente artículo, se concluye:

Grandes urbes con zonas periurbanas de gran extensión pueden llegar a presentar fuertes fenómenos de ICU y disminución de “albedo local”, planteándose posiblemente a futuro y de continuar el crecimiento desmesurado de las ciudades una disminución de “albedo regional o global”.

El Área Metropolitana de Buenos aires (Argentina) posee una extensión de 2.681 Km² y una población estimada para el año 2015 de \$14.122.000 para lo cual necesita y utiliza 4.223 Km² como área periurbana. Es decir, El Área Metropolitana de Buenos Aires conjuntamente en su área urbana y periurbana necesita el equivalente aproximadamente a un tercio de la extensión de Norte de Santander. Luego un área tan grande como son



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



6.904 Km², ¿que efectos de ICU y disminución de albedo puede causar a nivel local, regional y hasta, posiblemente escala global de tener en cuenta todas las grandes urbes?.

Es importante plantear y estudiar a futuro la hipótesis EXPANSION URBANA Y AGRARIA COMO UNA VARIABLE MÁS EN LA COMPLEJA ECUACIÓN DEL BALANCE GLOBAL DE ENERGIA ante los resultados presentados y las posibles consecuencias de ser una realidad.

Referencias Bibliográficas

Useros, J.L. 2012. El Cambio Climático: sus causas y efectos medioambientales. Valladolid, España.

Capuano, V. y Martin, J. 2005. El Calentamiento Global de la Tierra: Un ejemplo de equilibrio dinámico. Córdoba, Argentina.

Kallberg et al. 2005. The ERA-40 re-analysis. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Reading, United Kingdom.

Mendoza, B. 2007. Calentamiento global y actividad solar. Ciudad de Mexico, Mexico.

Holderness, T. Barr, S. Dawson, R. Y Hill, J. An evaluation of thermal Earth observation for characterising urban heatwave event dynamics using de urban heat island intensity metric. Oxford, United Kingdom.

Fabrizi, R. Bonafoni, S. y Biondi, R. 2010. Satellite and Ground-based sensors for de Urban Heat Island Analisys in the City of Rome. Roma, Italia.

Angel, L. Ramirez, A. y Dominguez, E. 2010. Isla de Calor y cambios Espacio-temporales de la temperatura en la Ciudad de Bogotá. Bogotá D.C. Colombia.

Sarricolea, P. Martin-Vide, J. 2012. El Estudio de la Isla de Calor Urbana de superficie del Área Metropolitana de Santiago de Chile con Imágenes Terra-MODIS y Analisis de componentes principales. Santiago de Chile, Chile.

Righini, R. y Grossi, H. 2011. Mapa de energía solar conectada anualmente por un plano inclinado. Un angulo optimo en la República Argentina. Buenos Aires, Argentina.

Camilloni, I. y Vera C. 2006. El Aire y el Agua en nuestro planeta. Buenos aires Argentina.

Idrobo, M. A. y Hernandez F. L. 2009. Islas de Calor Urbano ICU. Santiago de Cali, Colombia.

Carvajal, A. F. y Pabon, J. D. 2013. Temperatura de la superficie terrestre en diferentes tipos de cobertura de la Región Andina Colombiana. Bogotá D.C. Colombia.

Alchapar, N. L. Correa, E. N. y Canton, M.A. 2011. Indice de reflectancia solar de revstimientos verticales: potencial para la mitigación de la isla de calor urbana. Mendoza, Argentina.

Avila, D. M. y Beltran, L. M. 2013. Evaluación del potencial energético solar biomásico y análisis de requerimiento de energía primaria y secundaria, (balance energético), en los poblados de El Corazón, El Carmen y El Barrio, pertenecientes a la provincia de Pichincha. Sangolqui, Ecuador.

United Nations. 2015. Demographia Word Urban Areas: 11th Annual Edition: 2015.01.

Área Metropolitana de Buenos Aires. 2012. Agricultura Urbana y Periurbana en el Área Metropolitana de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS EN FILTROS ANAEROBIOS DE FLUJO ASENDENTE DE DOS FASES (DI – FAFS)

Jarson Alexis Rodríguez Chona¹; Julio Isaac Maldonado²; Ángela Maritza Cajiao³, Jorge Luis Ortiz Carrillo⁴

1. M. Sc (C) Maestría en Ingeniería Ambiental Facultad de Ingenierías y Arquitectura Universidad de Pamplona.
2. M.Sc.Docente, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura Universidad de Pamplona.
3. M. Sc (C). Docente, Directora Cepario, Coordinadora de Laboratorios Microbiología Universidad de Pamplona.
4. Microbiólogo, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Microbiología Universidad de Pamplona.

* E-mail Autor de Correspondencia. jalexisrch@gmail.com

Resumen

Los lixiviados por sus altas concentraciones de materia orgánica y metales pesados entre otros contaminantes, pueden llegar a ser una alta fuente de contaminación, por esto se propuso tratarlos empleando un sistema de filtros anaerobios de flujo ascendente de dos fases (DI – FAFS). Según las características químicas y físicas del lixiviado utilizado, permitió clasificarlos como lixiviado joven, con concentraciones intermedias y unidades de pH superiores a 8. Estos filtros en la fase ácida tienen alturas proporcionales al 20, 50 y 80% de la altura total del filtro y la fase metanogénica con alturas del 80, 50 y 20% complementa la altura total del mismo. Los DI-FAFS fueron operados con tres cargas orgánicas volumétricas (COV): alta: 3,71; media: 2,76 y baja: 1,80 Kg DQO/m³-día respectivamente, con temperaturas de 20, 27 y 34°C. Se empleó como parámetro de control, la medición eficiencia en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO). El tiempo de retención hidráulico para los DI-FAFS fue de 18 ± 0,5 horas. La eficiencia máxima obtenida en los Di-FAFS fue del 72.86% en la remoción de DQO, logrado con una temperatura de 34°C y con una relación de alturas (fase ácida/metanogénica) de 20/80, que determina igualmente relación de volúmenes de las fases ídem de 20/80.

Palabras Clave: Carga Orgánica Volumétrica, Actividad Metanogénica, Filtros Anaerobios, Di-FAFS.

Área temática: Biotecnología aplicada

ABSTRACT.

Leachate by high concentrations of organic matter and heavy metals and other pollutants, can become a high source of contamination of bodies of water, so it was proposed to treat them using a system of anaerobic filters upstream of two phases (DI - FAFS). According to the chemical and physical characteristics of the leachate used, allowed leachate classified as Type III (Intermediate). The DI- FAFS were operated with three volumetric organic loads (VOC): High: 3.71; medium: 2.76, low 1.80 kg COD / m³ – day, with temperatures of 20, 27 and 34 °C. It was used as a control parameter, the removal efficiency measurement of Chemical Oxygen





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Demand (COD). The hydraulic retention time for DI- FAFS was 18 ± 0.5 hours. The maximum efficiency obtained in the Di - FAFS was 72.86 % in removing COD, achieved with a temperature of 34°C and a height ratio (acid phase/ phase methanogenic) 20/80, which also determines volume ratio of phases (acid phase/phase methanogenic) of 20/80.

Keywords: Volumetric Organic Load, Methanogenic Activity, Anaerobic filters, Di - FAFS

Subject area: Applied Biotechnology

INTRODUCCIÓN

El mundo se enfrenta a una crisis ambiental en términos de cantidad y calidad del agua, a causa del incremento de la población, la industrialización, los altos niveles de vida, el calentamiento global, el desarrollo y comportamiento antrópico; que ha generado como consecuencia grandes volúmenes de aguas residuales e industriales, que se vierten al medio ambiente causando el deterioro de las aguas receptoras (superficiales, subterráneas) y de los suelos; en este sentido es de gran relevancia buscar alternativas para el tratamiento de aguas residuales con altas cargas contaminantes, siendo necesario mejorar los procesos de tratamiento de aguas residuales existentes.

Una de las alternativas más estudiadas hoy en día son los tratamientos donde se realiza el proceso de estabilización de sustratos en sistemas anaerobios, con buenos resultados en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), contenido de sólidos, ajustes de pH entre otros; mejorando así la calidad del agua vertidas y reduciendo los impactos. En esta investigación se utilizó un sistema de filtros anaerobios de flujo ascendente separados en dos fases (DI-FAFS), donde se utilizó como sustrato lixiviado del relleno sanitario Los Guayabales, generados como consecuencia de la compactación de grandes cantidad de residuos sólidos vertidos por la ciudad de Cúcuta (Col.), como resultado de productos usados, que cumplieron la función para los cuales fueron adquiridos y cuya eliminación es una necesidad y hace parte integral del entorno urbano, donde es necesaria la planificación de infraestructuras, que garanticen un ambiente seguro y saludable (Torres et.al., 2014)

Generalmente, el impacto ambiental de los rellenos sanitarios está asociado principalmente, con la emisión de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) y producción de lixiviados, producidos como consecuencia de la percolación de las aguas lluvias, a través de la masa de residuos, de las reacciones químicas y biológicas ocurridas en las celdas que contienen los residuos y del contenido de agua. Según (Torres et al.,2014) existen varios antecedentes de tratamiento aerobio y anaerobio de lixiviados, que van desde experiencias a escala laboratorio a experiencias a escala real. El tipo de tratamiento aerobio más extendido es lodos activados o lagunas aireadas, también existen otros sistemas aerobio como los reactor de Discos Biológicos Rotatorios. En cuanto al tratamiento anaerobio, el sistema de más utilizado es el reactor UASB, el cual ha reportado muy buenos resultados (Álvarez y Suárez, 2006), concluyéndose que los sistemas biológicos, como el tratamiento anaerobio solo o combinado con otros procesos son una biotecnología consolidada para el tratamiento residuos líquidos orgánicos, principalmente en países con condiciones climáticas favorables (climas cálidos) que permiten una elevada biodegradabilidad, lo que representa una





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



ventaja técnica y económica, ya que en estos procesos hay una alta reducción de la materia orgánica, menor producción de lodos digeridos, menores requerimientos de área comparados con otros métodos, con generación de subproductos altamente energéticos, como es el CH₄ contenido en el biogás; adicionalmente, presentan un bajo o nulo requerimiento de insumos químicos, dadas las condiciones adecuadas de pH, alcalinidad y de nutrientes.

En general, a temperaturas entre 20 y 45 °C se alcanzan eficiencias de reducción de DQO entre el 70% al 80% (Torres et al., 2014). Dependiendo de la edad del lixiviado y la relación DBO₅/DQO se puede cuantificar el índice de Biodegradabilidad que es la capacidad que tiene un grupo de microorganismos de descomponer una sustancia compleja en sustancias más simples; también la alta presencia de ácidos húmicos y fúlvicos indican baja capacidad de biodegradabilidad; esto es debido a la liberación de las grandes moléculas orgánicas recalcitrantes de los residuos sólidos. En consecuencia los lixiviados maduros se caracteriza por su baja relación de DBO₅/ DQO originada por baja concentración de la DBO₅ y DQO bastante altos; también se caracterizan por presentar muy altos contenidos de sales disueltas, en particular de cloruros, sodio, carbonatos y amonio (Torres, 2010)

Debido a esto y pese a la antigüedad de los filtros anaeróbicos de flujo ascendente y otros reactores anaeróbicos, han recibido poca atención en nuestro medio, especialmente por las limitaciones operativas, como la acidificación asociada a problemas de olores, el atascamiento de sólidos y/o material orgánico y la baja velocidad de la hidrólisis, consideradas como limitantes de la eficiencia en la remoción de carga orgánica en reactores anaeróbicos. Otra limitante es que la fase No Metanogénica puede desarrollar los bioprocesos de fermentación y formación de hidrógeno y ácido acético a una velocidad mucho mayor que la fermentación del (CH₄), problemática que se ha venido estudiando y correlacionando con el fin de disminuir los tiempos de biodegradación y acelerar todo el tratamiento anaeróbico y aumentar la eficiencia del tratamiento.

Por lo anterior, (Cohen, 1983) y (Romero, 2001) han recomendado separar la hidrólisis y formación de ácidos grasos de la fermentación metanogénica a fin de mejorar la eficiencia de estos procesos de tratamiento, de los cuales no se conocen criterios específicos de diseño.

Por lo antes mencionado, el presente estudio propuso separar la fase metanogénica de las fases no metanogénica (hidrolítica – acidogénica y acetogénica) en el proceso de biodegradación de la materia orgánica, empleando filtros anaerobios de flujo ascendente separados en dos fases (DI-FAFS).

Este trabajo se obtuvo una relación de alturas de DI-FAFS (fase acida/metanogénica), que determina igualmente la relación de volúmenes de las fases ídem.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se caracterizaron seis muestras de lixiviados del relleno sanitario Los Guayabales durante un periodo de 12 días en el mes de marzo de 2014; se evaluaron parámetros como pH, DQO, DBO₅, ST, SST, SSV, Conductividad, Turbiedad, Cloruros, Dureza Total, Alcalinidad Total, N – NH₃, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos, Metales pesados, Grasas – Aceites y Coliformes (totales y fecales).

Se midió la Actividad Metanogénica específica (AME) o producción de CH₄ según metodología indicada por Jim Field (Field, J. 1987) y lo aplicado por Maldonado J. Isaac (Maldonado, J.I., 1993), en los cuatro inóculos seleccionados al azar, procedentes de las PTAR de Rio Frio, Campollo, Macpollo y estiércol fresco de cerdo,





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



determinando en todos la cantidad de SST, SSV y se determinó la relación de SSV/SST mediante análisis estandarizados (Standard Methods, 1992).

Se dimensionaron y construyeron tres series de DI-FAFS con diámetro de 2+1/2" y una relación de alturas (fase ácida/metanogénica) ò relación de volúmenes de las fases ídem: 80/20, 50/50 y 20/80, tomando como base un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) de fase única con un tiempo de retención de 18 ± 0,5 horas y un caudal de 3.5 ml/min, para volumen total de 4.11 litros, con unidades de tratamiento preliminar para remover grasas y aceites en el afluente de los 9 DI-FAFS, con TRH = 10 minutos en la Trampa de grasas y un TRH = 110 minutos en el sedimentador y un tiempo total de pretratamiento: 2 horas).

Tabla No 1: Dimensiones de las unidades de pretratamiento

Unidad	Caudal (m³/minuto)	Tiempo de Retención Hidráulico TRH (minuto)	Longitud (m)	Altura (m)	Ancho (m)
Trampa de Grasas y Aceites	0,000192	10	0,10	0,12	0,16
Desarenador	0,000192	110	0,86	0,12	0,16

Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

En la tabla siguiente se muestran las dimensiones de las alturas para cada una de las fases.

Tabla No 2 Dimensiones de los DI-FAFS

Volumen Fase	Dimensiones de los DI-FAFS			
	DI-FAFS (1) Altura (m)	DI-FAFS (2) Altura (m)	DI-FAFS (3) Altura (m)	Diámetro (m)
Acida (Hidrolisis-Acidogenesis-acetogenesis)	0,24	0,60	0,96	0,0635
Metanogénesis	0,96	0,60	0,24	0,0635

Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

. **Inoculación y Adaptación:** Construidas las unidades de tratamiento preliminar y primario y conociendo el lodo de mayor producción de CH₄ (mejor AME), se inocularon los DI-FAFS agregando un volumen equivalente al 30% del volumen de cada fase y seguidamente se inició la formación de la biopelícula adherida, haciendo pasar agua residual con DQO entre 250 mg /L y 800 mg/L durante ocho días continuos.

. **Aclimatación:** Se procedió a suministrar una mezcla volumétrica de ARD y Lixiviados variable, que reducía cada 24 hora el volumen del ARD en un 5% e incrementaba el volumen de lixiviados en el mismo porcentaje, lixiviados diluidos con concentraciones constantes en cada una de las tres series de los DI-FAFS así; Serie No 1 baja: 1700 mg/L; Serie No 2 media 2600 mg/L y Serie No 3, alta 3500 mg/L.

Tabla No 3 relación de volúmenes ARD lixiviados





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



No	ARD	VOLUMEN % LIXIVIADOS
1	100	0
2	95	5
3	90	10
4	85	15
5	80	20
6	75	25
7	70	30
8	65	35
9	60	40
10	55	45
11	50	50
12	45	55
13	40	60
14	35	65
15	30	70
16	25	75
17	20	80
18	15	85
19	10	90
20	5	95
21	0	100

Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

. **Arranque:** Se inició el tratamiento de lixiviados a una temperatura baja constante de 20°C para todas series y con Cargas Orgánicas Volumétricas (COV) variables en cada una de ellas; Serie No1 COV baja 1,80, Serie No 2 COV media 2.76 y Serie No 3 COV alta 3,71 DQO kg/m³– día. Una vez logradas condiciones estable se incrementó a la temperatura media 27°C y posteriormente a la temperatura alta 34°C, monitoreando siempre la DQO afluente y efluente en todos los DI-FAFS, proceso que demandó durante un periodo de monitoreo de cien días y un periodo total de investigación discontinua de dos años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4 se observan las características del lixiviado utilizado como sustrato, con las concentraciones promedio y valores máximos y mínimos de los parámetros de las seis (6) muestras analizadas.

Tabla No 4 Caracterización de lixiviados relleno sanitario Los Guayabales

Parámetro	Unidad	Promedio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desviación
pH		8,47	8,29	8,60	0,14
DQO	mg/L O ₂	9438,33	6440,00	12100,00	2424,66
DBO ₅	mg/L O ₂	2925,00	2200,00	4500,00	1125,94
ST	mg/L	13562,92	12930,00	14320,00	574,92
SST	mg/L	1015,83	670,00	1420,00	339,48
SSV	mg/l	5337,08	4860,00	5840,00	333,01
Conductividad	ms/cm	21,43	20,60	22,30	0,70
Turbiedad NTU	UNT	695,88	510,40	1051,20	215,08
Cloruros	mg/L Cl ⁻	2147,86	746,28	3455,00	1201,82
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	2142,39	1128,40	3210,00	829,61
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	9736,81	8942,00	10730,40	730,79
N – NH ₃	mg/L NH ₃	33,33	20,00	60,00	15,06
Nitritos	mg/L NO ₂	1,95	0,22	3,70	1,39
Fosfatos	mg/L PO ₄	284,50	132,00	437,00	114,06
Sulfatos	mg/L SO ₄	200,00	190,00	210,00	14,14
Cobre	mg/L Cu	0,51	0,06	1,04	0,45
Plomo	mg/L Pb	0,59	0,10	1,21	0,44
Cromo	mg/L Cr	0,76	0,54	0,94	0,18
Zinc	mg/L Zn	0,58	0,05	1,02	0,41
Manganeso	mg/L Mn	0,87	0,26	1,77	0,63
Hierro total	mg/L Fe	20,19	18,45	21,53	1,27
Potasio	mg/L K	2381,00	309,00	3208,00	1123,00
Sodio	mg/L Na	1056,87	808,40	1227,80	172,04
Calcio	mg/L Ca	182,42	156,14	223,20	30,74
Magnesio	mg/L Mg	220,39	172,18	251,60	75,11
Grasas y Aceites	mg/L	8,00	5,00	9,50	1,76
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	2150,00	500,00	3000,00	1029,08
Coliformes Fecales	NMP/ 100 ml	1300,00	300,00	3000,00	1033,44

Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

La variación de pH en las muestras analizadas es poca, tiene condiciones ligeramente básicas que pueden ser un factor de inhibición durante el tratamiento. Según (Nájera et.al.,2009) los valores de pH y la alcalinidad corresponden a un lixiviado tipo 3 o intermedio, siendo bajas las concentración de la DQO y de la DBO₅ lo ubican dentro de los rangos típicos para un lixiviado de vertedero nuevo (Salgado y Trujillo, 2004), pero según el funcionamiento del relleno se puede describir que presenta una mezcla de lixiviados provenientes de celdas jóvenes e intermedios, ya que le relleno tiene alrededor de 10 años de operación.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



El índice de biodegradabilidad es de 0,35 y según (Luo et.al.,2015) registros entre 0,1-0,5 se considera que es un lixiviado tipo intermedio con un índice de biodegradabilidad media. Además reportó baja concentración de metales y con presencia de materiales orgánicos recalcitrantes que son parcialmente estables y biológicamente resistentes. En la siguiente tabla se muestran concentraciones de metales pesados en lixiviados de diferentes rellenos sanitarios del mundo.

Tabla No 5. Presencia de metales pesados en cinco lixiviados de rellenos sanitarios diferentes

Parámetro	Unidad	(Estudio Actual) Relleno Sanitario Guayabales, Cúcuta, 2014.	Vertedero de Guanabacoa, la Habana 2014	Relleno Sanitario Doña Juana, 2011	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México 2008.	Relleno Sanitario Mérida; Yucatán, México 2002-2003.	Relleno Sanitario el Carrasco, Santander, Colombia, 2001.
Cobre	mg/L Cu	0,51	1,4	0,067	0,19	0,214	0,16
Plomo	mg/L Pb	0,59	0,71	0,23	1,851	0,236	ND
Cromo	mg/L Cr	0,76	0,12	ND	0,827	6,98	0,79
Zinc	mg/L Zn	0,58	6,2	0,59	3,425	3,2	4
Manganeso	mg/L Mn	0,87	ND	0,17	ND	0,81	ND
Hierro total	mg/L Fe	20,19	ND	17,73	21,159	64,05	312,5
Potasio	mg/L K	2381	ND	ND	ND	10252	ND
Sodio	mg/L Na	1056,87	ND	ND	ND	11850	ND
Calcio	mg/L Ca	182,42	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio	mg/L Mg	220,39	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

Comparando los datos registrados por (Pellón et.al., 2015), (Montenegro, 2013), (Nájera et.al.,2009), (Méndez et.al.,2008), (Villamizar y Plata, 2013) en caracterizaciones de los diferente RS, los reporte del Relleno Sanitario Los Guayabales de Cúcuta en año 2014 presentó para el plomo, cromo, hierro valores intermedios; mientras que los valores para zinc, potasio y sodio se encuentran por debajo de este mismo rangos; y el manganeso ligeramente por encima de estos valores medios. Los análisis de calcio y magnesio no se pudieron comprar. Según(Torres et al.,2014) presenta valores de ST para clasificar lixiviados jóvenes, intermedios y maduros, que comparados con los datos del RS los Guayabales clasifican a éste lixiviado tipo Intermedio es decir para RS con una edad entre 5-10 años.

Se construyeron las unidades de tratamiento preliminar para retención de grasas y aceites, sedimentación de las partículas que puedan generar obstrucciones en las tuberías.

También se construyeron los DI-FAFS sabiendo que la sumatoria de las alturas en cada fase no puede superar los 1,2 m en la zona con material soporte del FAFA. Se empleó como material de soporte, trozos de tubería de media pulgada de PVC para agua caliente de un centímetro de largo como se muestra en la imagen.

Imagen 1: Montaje general las tres series de DI-FAFS



Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

Imagen 2. Medio de soporte de los DI-FAFS



Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

Se caracterizó y se realizó el ensayo de AME para cuatro lodos mencionados donde se obtuvieron los resultados indicados en la tabla 6, donde se muestra las concentraciones de los SST y de los SSV de los lodos analizados

Tabla No 6 Caracterización de lodos

LODO	SST mg/l	SSV mg/l	SSV/SST mg'
MACPOLLO	28750	18659	0,65
CAMPOLLO	33350	18150	0,54
PTAR RIO FRIO	24600	14800	0,60
ESTIERCOL CERDO	18590	14550	0,78

Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

La relación de solidos SSV con respecto a SST indica que la biomasa presente en los lodos es alta, que permite buenos rendimientos en la biodegradabilidad de sustratos orgánicos y producción de metano. La tabla 7 muestra el lodo de mayor AME.

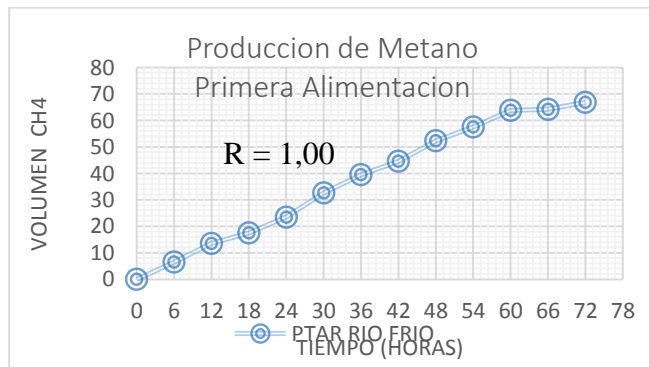
Tabla No 7 Valores para Ensayo de AME

LODO	AME 1	AME 2	ITEAA	IOAA	2ITEAA	IOAA < 2ITEAA	ESTADO
PTAR Macpollo	0,04	0,06	4,70	0,70	9,40	SI	Crecimiento
PTAR Campollo	0,04	0,06	4,70	0,54	9,40	SI	Crecimiento
PTAR Rio Frio	0,04	0,09	4,73	0,97	9,47	SI	Crecimiento
Estiércol de Cerdo	0,05	0,04	4,03	0,22	8,06	SI	Crecimiento

Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

Los resultados observados muestran mayor actividad AME en el lodo de PTAR rio frio durante la primera alimentación. La gráfica siguiente permite detallar la producción de CH₄

Fig. 1. Producción de metano PTAR Rio Frio



Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

Por los resultados anteriores se empleó lodo de la PTAR Rio Frio como inóculo por ser el que reporto la mayor AME. Cada DI-FAFS fue inoculado con un 30 por ciento del volumen de lodo en cada una de sus fases.

Imagen 3. Inoculación de los DI-FAFS



Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

Hecha la inoculación se hizo circular agua residual con contracciones desde 250 mg/L hasta 800 mg/L de DQO; posteriormente se aclimataron los DI-FAFS mediante una mezcla de agua residual y lixiviados cuyo porcentaje de éstos últimos en la mezcla se fue incrementando en el tiempo, mientras que el del agua residual disminuían, verificando la concentración mediante ensayos simultáneos.

Aclimatados los DI-FAFS se inició el tratamiento de lixiviados con diferentes COV simultáneamente y una temperatura inicial de 20°C, que se incrementó a 27°C y por último a 34°C. Se trabajó teniendo como variable de control la remoción de la DQO. La tabla 8 muestra los resultados en cuanto a eficiencias para cada DI-FAFS, en las diferentes condiciones de volúmenes cargas y temperaturas de operación

Tabla No 8. Eficiencias en los DI-FAFS

T°C	COV								
	3,71			2,76			1,80		
	DI-FAFS 1	DI-FAFS 2	DI-FAFS 3	DI-FAFS 1	DI-FAFS 2	DI-FAFS 3	DI-FAFS 1	DI-FAFS 2	DI-FAFS 3
EF%	EF%	EF%	EF%	EF%	EF%	EF%	EF%	EF%	EF%
	80-20	50-50	20-80	80-20	50-50	20-80	80-20	50-50	20-80
20	27,50	37,50	48,75	40,38	42,31	44,23	31,25	43,75	37,50
27	41,73	53,30	66,45	55,77	63,25	70,00	46,40	52,00	60,45
34	59,42	63,77	65,22	62,26	64,15	72,86	52,94	59,45	68,57

Fuente (Rodríguez, J. y Maldonado J.I., 2015)

Se observa en los resultados que las mayores eficiencias se obtuvieron para COV entre media y alta, a temperaturas entre 27°C y 34°C y con volúmenes No metanogénicos medios y bajos (20% - 50%) y volúmenes metanogénicos medios y altos (50% - 80%), lo que guarda relación con los tiempos de duplicación de los grupos bacterias de cada fase.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



CONCLUSIONES

Los lixiviados provenientes de RS Los Guayabales se pueden clasificar como Lixiviados Tipo 3 (Intermedio).

Los lixiviados provenientes de RS se pueden tratar mediante DI-FAFS y logran eficiencias hasta del 72% en la remoción del DQO.

Los DI-FAFS permite mejorar las eficiencias del tratamiento anaeróbicos siempre que los volúmenes de las fases No Metanogénicos oscilen entre el 20 y el 50% y los metanogénicos ocupen volúmenes que oscilen entre el 50 y el 80%

Mediante software estadístico se precisaron de manera preliminar que la mayores eficiencias en la remoción del DQO se pueden lograr con volúmenes de las fases No Metanogénicos 70 - 80% y los metanogénicos ocupen volúmenes que oscilen entre el 20 y el 30%.

Se comprobó que a temperaturas mayores a $\geq 27^{\circ}\text{C}$ las eficiencias en la remoción de DQO se pueden lograr en los DI-FAFS eficiencias $\geq 70\%$.

Se comprobó también que con COV alrededor de $2.76 \text{ Kg DQO/m}^3\text{- día}$ se pueden lograr en los DI-FAFS eficiencias en la remoción de DQO $\geq 70\%$ con volúmenes de las fases No Metanogénicos entre el 70 - 80% y los metanogénicos ocupen volúmenes que oscilen entre el 20 y el 30% para temperaturas $> 20^{\circ}\text{C}$.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alexis Pellón., Matilde López., María Espinosa., Orestes González (2015). Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos. Ingeniería Hidráulica Y Ambiental, 36(2), 3–16.
APHA, AWWA, WPCF. (1992). Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Madrid (España): Ediciones Díaz de Santos, S.A.

Álvarez, Alexander; Suárez, J. (2006). Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario “El Guayabal” de la ciudad San José de Cúcuta. Ingeniería Y Desarrollo, 20, 95–105.

Cohen A. (1983) Two- Phase Digestion of Liquid and Solid Waste. Third International Symposium on Anaerobic Digestion, Boston-USA.

Field, Jim. (1987). Medición de parámetros en reactores del manto de lodos anaeróbicos de flujo ascendente, Universidad Agrícola de Wageningen Holanda - Universidad del Valle - Corporación Autónoma Regional del Cauca.

Luo, J., Qian, G., Liu, J., & Xu, Z. P. (2015). Anaerobic methanogenesis of fresh leachate from municipal solid waste: A brief review on current progress. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 21–28.

Méndez Novelo, R. I., Castillo Borges, E. R., Sauri Riancho, M. R., Quintal Franco, C. A., Giácoman Vallejos, G., & Jiménez Cisneros, B. (n.d.). Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 25(3), 133–145.

Montenegro, D. (2013). Estimación del efecto del lixiviado del Relleno Sanitario Doña Juana sobre la calidad del agua del Río Tunjuelo y su posible tratamiento en la PTAR Canoas.

Nájera, H; Castañón, J; Figueroa, J y Rojas-Valencia, M. (2009). caracterización y tratamiento fisicoquímico de lixiviados maduros producidos en el sitio de disposición final de tuxtla gutiérrez, chiapas, méxico.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



- Romero Rojas, J. (2001) Tratamiento de aguas residuales: Teoría y Principios de Diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería, Primera Edición Reimpresa, Bogotá.
- Salgado, P., & Trujillo, V. (2004). Estudio de la calidad del lixiviado del relleno sanitario filtro, esmeralda y su respuesta bajo tratamiento en ascendente, anaerobio piloto de flujo.
- Torres, P. (2010.). Impacto de la incorporación de lixiviados en el arranque de reactores anaerobios al tratar aguas residuales domésticas. Ingeniería Y Universidad, 313–326.
- Torres P., Barba-Ho, L. E., Ojeda C., Martínez, J., & Astaño, (2014). Influence of leachates age on its physico-chemical composition and toxicity potential. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 17(1), 245–255.
- Villamizar, O. D., y Plata, S. M.(2013).Characterization and implementation of a physicochemical method for treatment from the landfill carrasco. inovaciencia, 1, 23–29.

POSTER

MODELACIÓN DEL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO A PARTIR DEL DISEÑO CON PERIODOS DE RETORNO EN BASE A LOS CAUDALES MEDIOS ANUALES EN EL RIO FONCE – SAN GIL (SANTANDER)

Andrés Fernando Nieto Cediel¹, Hebert Gonzalo Rivera²

¹ Auxiliar de investigación del proyecto ING 1770, Estudiante del Programa de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Grupo Visión Colombia Hídrica, Bogotá, Colombia. u1101369@unimilitar.edu.co

² Investigador principal del proyecto ING 1770, Programa de ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Grupo Visión Colombia Hídrica, Bogotá, Colombia. hebert.rivera@unimilitar.edu.co





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Proyecto ING 1770 de 2015. Universidad Militar Nueva Granada – Universidad de Pamplona. Recursos financieros auspiciados por la Vicerrectoría de Investigaciones de la UMNG

Resumen

El potencial hidroenergético dentro de una fuente hídrica es de vital importancia al momento de la proyección en la obtención de energías renovables para abastecer una población. Cuando se cuenta con los recursos hídricos el siguiente paso consiste en analizar y cuantificar su capacidad de difusión energética, por lo tanto es necesario conocer y examinar métodos para cuantificarlos. El desarrollo del trabajo evidencia en los resultados obtenidos una modelación confiable del potencial hidroenergético del río Fonce a partir del análisis de valores medios de caudales con periodos de retorno en diferentes áreas de la cuenca principal.

Palabras Clave: Potencial hidroenergético, rio Fonce, diseño, periodos de retorno, caudales medios
Área temática: Modelación y simulación de sistemas ambientales.

Abstract

The hydropower potential in a source have a vital importance at the moment of projecting in the renewable energy collection to supply a population. With the water resources presence, the next step is to analyze and quantify the energy diffusion capacity, therefore it's necessary to know and consider methods to quantify it.

Keywords: Hydropower potential, Fonce river, design, return periods, basin.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los recursos hidráulicos de un país es fundamental para estimar la energía producible mediante la instalación de centrales hidroeléctricas. El potencial hidroeléctrico es la capacidad anual de producción de energía hidroeléctrica que posee cierto lugar. La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial, impulsando a las industrias textiles y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX.

En el año 1979 el Estudio del Sector de Energía Eléctrica (ESEE) realizó un inventario y reconocimiento de proyectos hidroeléctricos. Para ello utilizaron visitas de campo y cartografía del IGAC como sus principales bases; así pues, establecieron 6 grandes regiones dentro del país, incluyendo los proyectos en distintas fases de factibilidad, construcción o producción. En el año 2003 mediante el convenio UPME-IDEAM se aprovecha la información meteorológica para establecer una aproximación de carácter nacional a los potenciales de energías renovables, y a partir de esto surgieron en años posteriores los Atlas para identificar potenciales energéticos en el país, venciendo algunas barreras de acceso al conocimiento básico de estos recursos. En la actualidad surge el proyecto Piedra del Sol que se encuentra en etapa de estudio, se sustenta en la construcción y operación de una central hidroeléctrica con la necesidad de ampliar la matriz energética. Así, se planifica utilizar los recursos hídricos del río Fonce, entre los municipios de Cabrera, Pinchote, San Gil y Socorro, en el departamento de Santander.

MÉTODO

En el trabajo se desarrolla la investigación con los valores medios anuales de caudales del río Fonce en la estación hidrológica operada por el IDEAM con sede en San Gil (figura1). Los datos fueron aportados por el IDEAM. La serie temporal comprende datos desde 1955 hasta el 2012.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

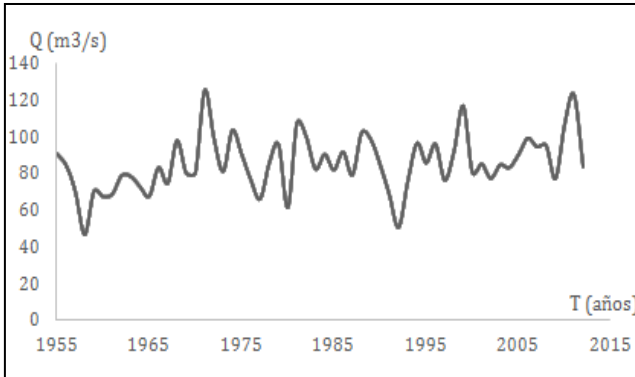


Figura 1. Valores medios de caudales
 Río Fonce en San Gil

Se estimaron los valores de las características estadísticas de la serie temporal (tabla 1).

Tabla 1. Características estadísticas

Característica	Valor
Mínimo	47,252
Máximo	126,018
Media	86,061
Varianza	236,608
Desviación estándar	15,382
Mediana	84,7
Asimetría	0,196
Curtosis	0,729

A partir de los valores estadísticos se procede a buscar y hallar el caudal medio a diferentes periodos de retorno, para lo cual inicialmente se ajusta un modelo estadístico de distribución de probabilidad. Posteriormente se calculan las alturas a lo largo del cauce principal del río Fonce cada diez kilómetros.

Para hallar los caudales medios en cada sitio se procedió a estimar el valor del área aferente al cauce del río cada 10 kilómetros en el software ARCGIS y mediante una relación porcentual se asignan los valores de caudales.



Una vez conocidos los valores medios de caudales en periodos de retorno y los valores de la altura en cada sitio, se procede a estimar el potencial hidroenergético, asumiendo un factor de producción de energía según la turbina a utilizar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ajuste del modelo estadístico se llevó a cabo mediante la revisión de los modelos Gumbel, Normal, Log Normal y Pearson III. Los resultados se presentan en la tabla 2 y figuras 2, 3, 4 y 5 (resultados del software Easy Fit).

Tabla 2. Valores de los parámetros de ajuste

Modelo	Kn	\bar{y}	Sy	YH
Normal	2,82	0,018	0,007	0,039
Log Normal	2,82	0,018	0,007	0,039
Pearson III	2,82	0,020	0,009	0,047
Gumbel	2,82	0,381	0,296	1,218

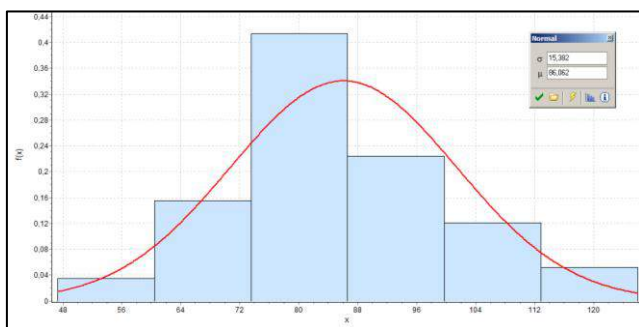


Figura 2. Ley Normal (línea roja) e histograma empírico

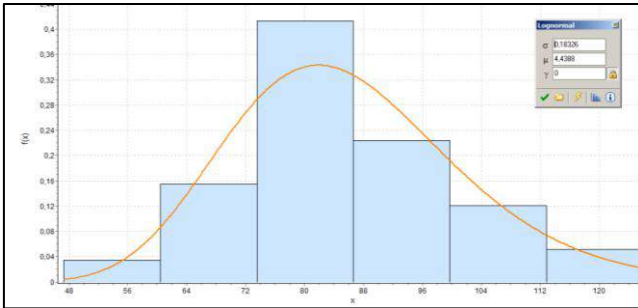


Figura 3. Ley Log Normal (línea roja) e histograma empírico

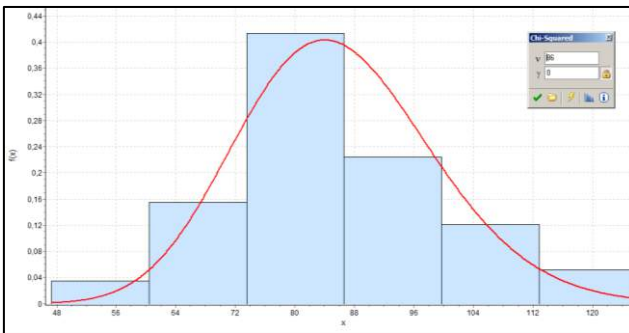


Figura 4. Ley Pearson III (línea roja) e histograma empírico

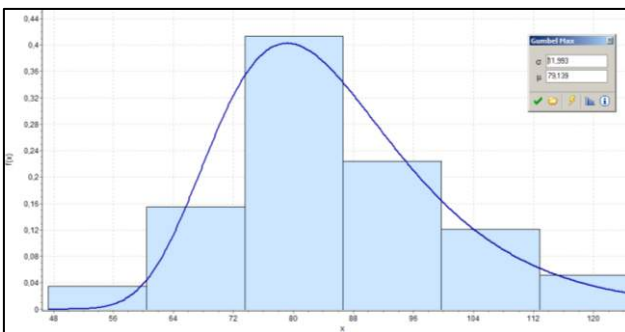


Figura 5. Ley Gumbel (línea azul) e histograma empírico

Ya teniendo que la ley Normal se ajusta mejor al comportamiento histórico de caudales, se procede a estimar los valores de los caudales en los periodos de retorno.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Tabla 3. Valores de caudales en periodos de retorno

Periodo de retorno (T)	Probabilidad (Pmax<=x)	z	x (Predicción)
2	0,500	0	86,06
5	0,800	0,84	99,0
10	0,900	1,27	105
25	0,960	1,75	112
50	0,980	2,05	117
100	0,990	2,32	121
500	0,998	2,88	130

El cálculo del potencial hidroenergético se realiza asumiendo una caída natural del agua en cada uno de los 8 sitios identificados cada diez kilómetros a lo largo del cauce del río Fonce desde la parte más alta (tablas 4-11). En las tablas los parámetros son: h altura (m), A es el área (km²), T es el periodo de retorno (años), Q es el caudal estimado en el periodo de retorno (m³/s), %Q es el caudal que le corresponde a cada sitio, P es el potencial (kw).

Tabla 4. Estimación del potencial

h	A	T	Q diseño	%Q	P
1439	64	2	86.06	2.84	39991
		5	99.01	3.26	46005
		10	105.61	3.48	49076
		25	113.00	3.72	52507
		50	117.66	3.88	54672





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



	100	121.85	4.02	56621
	500	130.36	4.30	60576

Tabla 5. Estimación del potencial

h	A	T	Q diseño	%Q	P
474	209	2	86.06	9.30	43206
		5	99.01	10.70	49705
		10	105.61	11.41	53022
		25	113.00	12.21	56729
		50	117.66	12.72	59068
		100	121.85	13.17	61174
		500	130.36	14.09	65447

Tabla 6. Estimación del potencial

h	A	T	Q diseño	%Q	P
77	269	2	86.06	11.95	9014
		5	99.01	13.74	10370
		10	105.61	14.66	11062
		25	113.00	15.68	11835
		50	117.66	16.33	12323
		100	121.85	16.91	12762
		500	130.36	18.09	13654

Tabla 7. Estimación del potencial

h	A	T	Q diseño	%Q	P
---	---	---	-------------	----	---





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



62	277	2	86.06	12.30	7476
		5	99.01	14.15	8600
		10	105.61	15.10	9174
		25	113.00	16.15	9815
		50	117.66	16.82	10220
		100	121.85	17.42	10585
		500	130.36	18.64	11324

Tabla 8. Estimación del potencial

h	A	T	Q diseño	%Q	P
187	284	2	86.06	12.59	23080
		5	99.01	14.49	26552
		10	105.61	15.46	28324
		25	113.00	16.54	30304
		50	117.66	17.22	31553
		100	121.85	17.83	32678
		500	130.36	19.08	34961

Tabla 9. Estimación del potencial

h	A	T	Q diseño	%Q	P
45	293	2	86.06	13.01	5739
		5	99.01	14.97	6603
		10	105.61	15.97	7043
		25	113.00	17.09	7536
		50	117.66	17.79	7846
		100	121.85	18.43	8126
		500	130.36	19.71	8694



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Tabla 10. Estimación del potencial

h	A	T	Q diseño	%Q	P
10	285	2	86.06	12.66	1241
		5	99.01	14.56	1427
		10	105.61	15.54	1523
		25	113.00	16.62	1629
		50	117.66	17.31	1696
		100	121.85	17.92	1757
		500	130.36	19.18	1879

Tabla 11. Estimación del potencial

h	A	T	Q diseño	%Q	P
335	257	2	86.06	11.41	37451
		5	99.01	13.12	43083
		10	105.61	14.00	45959
		25	113.00	14.98	49172
		50	117.66	15.60	51199
		100	121.85	16.15	53025
		500	130.36	17.28	56728

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta por primera vez para el caso del río Fonce la estimación del potencial hidroenergético a lo largo de su cauce principal.

Los resultados evidencian que existen sitios en el cauce del río que ofrecen un valor importante de hidroenergía, lo cual podría reforzar los anhelos de diseñar y construir embalses para mejorar el servicio de energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



IDEAM, Protocolo para la emisión de los pronósticos hidrológicos, 1st ed. Bogota, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia, 2008.

V. T. Chow, D. R. Maidment, L. W. Mays. Handbook of applied Hydrology. San Francisco, McGraw-Hill, 1964.

J.J Araujo, Elementos de teoría de probabilidad para ingenieros, 1st ed. Bogotá, Colombia: Centro Editorial javeriano CEJA, 2003.

J. C Martinez, Apuntes de estadística, 1st ed. Ciudad de Mexico, Mexico: UNAM, 2003.

IDEAM, Estudio Nacional del Agua. Bogota, Colombia: Panamericana Formas e Impresos, 2014.

Unidad de Planeación Minero Energética. (s.f.). UPME. Recuperado el Agosto de 2015, de <http://www1.upme.gov.co/>

Corporación Autónoma Regional de Santander. (2012-2015). Plan de Acción.

Convenio UPME - IDEAM. (2007). Estado de la evolución del Potencial Hidroenergético de Colombia. Ministerio de Minas y Energía.

La Educación Ambiental como Herramienta para la Recuperación de la cobertura Vegetal, mediante Prácticas Agro-Ecológicas en la comunidad minera ASOGRASTORRES, Asociación de Gravilleros de Sabana de Torres.

Claudia Moreno, Leidy Rueda.

1: Universidad Santo Tomas de Aquino. Bucaramanga, Colombia.

* claudiamorenocespedes03@hotmail.com, marcellesa90@hotmail.com

Resumen





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



La propuesta de intervención Ambiental está orientada a trabajar en la zona minera ASOGRASTORRES (Asociación de Gravilleros de Sabana de Torres), quienes tienen por objeto la explotación del yacimiento de materiales para la construcción como recebo y gravilla con fines económicos. Esta acción humana ejercida sin precaución con los elementos naturales (Agua, Suelo y aire), sin lugar a duda, afecta el bienestar de las futuras generaciones. Durante 35 años el suelo ha sido aprovechado y varios puntos del área de influencia actualmente están abandonados y convertidos en grandes cárcavas, hasta el punto que las empresas que se benefician, no ven viable recuperarla y optan por clausurar la actividad en esos puntos para explorar y explotar otros nuevos. Por tanto, la intervención a realizar tiene la misión a partir de la educación ambiental generar cambios de mentalidad ante la protección y recuperación del ambiente implementando las prácticas agroecológicas demostrando de esta manera a la comunidad que la actividad minera puede realizarse sin generar daños irreparables con el ambiente.

Palabras Clave: Ambiental, prácticas agroecológicas, suelo, minería.

Área temática: Suelo, geotecnia.

Abstract

The proposed environmental intervention is oriented to work in the mining area ASOGRASTORRES (Gravel-workers of Sabana de Torres Association), who aim to exploit the deposit of building materials such as gravel and recebo for economic purposes. This human action without caution exercised with natural elements (water, ground and air), undoubtedly, affects the welfare of future generations. .During 35 years the ground has been seized and several points in the area of influence are now abandoned and converted into large gullies, to the extent that the companies benefiting not look feasible to recover and choose to close the activity at those locations to explore and exploit new ones. Thus, the intervention has to perform the mission from environmental education to bring about changes in mentality protection and restoration of the environment by implementing ecological-farming practices, thus demonstrating to the community that mining can be done without creating irreparable damage the environment.

Keywords: Environmental, ecological-farming practices, ground, mining.

INTRODUCCIÓN





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



En la actualidad, la minería es una actividad del sector primario de la economía de amplia cobertura en el ámbito mundial y es indispensable para el suministro de minerales, los cuales a su vez, son la base para la producción de materiales que se requieren en la actividad humana. Esta actividad ofrece beneficios para el desarrollo sostenible de una comunidad, pues genera empleo, bienestar social, mejoramiento en la calidad de vida, mejores y más oportunidades en el campo de la capacitación no solo del manejo de los minerales, sino del cuidado y mantenimiento del ambiente para formar ecosistemas perdurables en el tiempo, ese es el deber ser y a lo que por obvias razones se debe llegar cuando se asume una minería responsable.

El problema que afecta actualmente a las poblaciones que desarrollan dicha actividad minera, radica en la visión económica por encima de cualquier otra consideración y desde luego la apatía a la mitigación de problemas ambientales. Esta difícil situación en el caso particular y concreto del Municipio de sabana de Torres, específicamente en la comunidad Minera de ASOGRASTORRES, deja detallar unas falencias en su área de influencia, pues las practicas inadecuadas de uso de suelos con riqueza mineral, (objeto de la actividad minera: Exploración y explotación de materiales para la construcción), provocan muchos problemas principalmente de erosión y abandono de terrenos; sin embargo, no llegan al deber ser de las cosas. Se tiene entonces, que la visión a mediano y largo plazo de este proyecto de intervención Educativa, pueda transformar a la comunidad minera, en un potencial humano formado en cultura ambiental, privilegiando la orientación, el acompañamiento y la enseñanza teórico - práctica de nuevos hábitos de aprovechamiento de suelos y su recuperación, con procesos de agroecología. Posterior a ello, se busca difundir dichas experiencias significativas formando redes multiplicadoras, donde los mismos protagonistas generadores de cambio social y ambiental es decir la comunidad minera educada, logre inducir a quienes los observen a reflexionar y poder aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones prácticas que requieran la solución de un problema que afecte el equilibrio con la naturaleza.

La propuesta Educativa que se pretende desarrollar en el transcurso de la investigación como alternativa para la recuperación de la cobertura vegetal de en la zona impactada por la acción minera de ASOGRASTORRES y generar la sensibilización social fomentando la construcción de una cultura ambiental, integrando estrategias y experiencias en torno a las prácticas agroecológicas y a la participación social (EDUCACION AMBIENTAL NO FORMAL). Esta propuesta incidirá en la optimización del Plan de Manejo Ambiental, plasmado en el Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental existente como documento propiedad de ASOGRASTORRES, para que en realidad el deber ser y el ser de la minería responsable se aprecie y muestre sus frutos de manera perdurable en el tiempo.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Es primordial lograr la simbiosis entre beneficio, mejoramiento y sostenibilidad del ambiente que rodea el proyecto minero: EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION. “RECEBO Y GRAVILLA”, para que en el tiempo no solo beneficie a los actuales actores, sino a sus propias generaciones y la de terceros que por cualquier circunstancia participen de él.

Pregunta problema

La propuesta de intervención inicia a partir de la siguiente pregunta problema:

¿Cómo contribuiría una propuesta de educación ambiental en la conformación de una red multiplicadora y en la implementación de prácticas agroecológicas en una zona que se ha dedicado por más de 35 años a explotar el elemento natural: suelo?

Objetivos de la propuesta de investigación

Establecer un diagnóstico que determine las problemáticas ambientales que se presentan en la comunidad minera ASOGRASTORRES.

Sensibilizar a la comunidad minera ASOGRASTORRES acerca del impacto que ocasionan las prácticas mineras actuales mediante propuestas agroecológicas alternativas para la recuperación de la zona y el fortalecimiento de la participación comunitaria.

Fomentar prácticas agroecológicas en la comunidad minera mediante la conformación de una red multiplicadora con el fin de la conservación del elemento natural “suelo” y hacerlo sostenible en el tiempo.

EL PASO A PASO DE LA INTERVENCIÓN EDUCATIVA





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Metodología de la intervención

Para desarrollar los objetivos expuestos del trabajo de investigación (Intervención educativa), se consideran pertinentes dos perspectivas de carácter cualitativo. En primera instancia, una metodología que permita una aproximación a la realidad que se vive en la zona minera ASOGRASTORRES enfocada al desarrollo sostenible y a la construcción de la ciudadanía ambiental, que facilite el análisis del diagnóstico realizado por la comunidad minera; y en segunda instancia, una metodología que permita intervenir para mejorar los impactos ambientales a través de una propuesta pedagógica. Por ello, el trabajo de investigación tiene en cuenta: una investigación de tipo cualitativo, con un enfoque de acción participativa, es decir, el hacer una reflexión sobre las acciones humanas y las situaciones sociales vividas, que tienen como objetivo generar un cambio social y a su vez un cambio educativo, proporcionando autonomía a quienes realizan la intervención, en la medida en que las personas o las comunidades implicadas colaboran desde una perspectiva crítica las acciones, reflexionando sobre las prácticas que allí realizan, generando cambios e incluso transformaciones de mejoramiento.

La intervención se dividió en tres grandes momentos:

Contextualizando el territorio de trabajo
El antes y después de nuestro territorio
Reflexión

Momentos en los que se tuvo en cuenta diferentes instrumentos para la recolección de datos, tales como: la entrevista, talleres, el diario de campo y la observación directa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación inicia en un primer momento con la contextualización del territorio en el que se trabajaría para contribuir al mejoramiento del ambiente, generando cambio de actitudes y despertando el interés por la población que allí laboraba para vincularse a procesos de transformación social y ambiental, por ello, este momento se tituló “Contextualizando el territorio de trabajo” se desarrollaron visitas y un taller con la comunidad para que de manera participativa se delimitara la situación o pregunta problema que convocaba.

En el taller “Identificando el problema”, la comunidad detecto los siguientes problemas:





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Daño recurso suelo

No contamos con programas de educación ambiental

No sabemos cómo mitigar el impacto causado por la extracción

No sabemos cómo aprovechar el terreno para que sea productivo a mediano y largo plazo.

Y para dichas situación se plantearon desde los diferentes equipos alternativas de solución, como:

Buscar ayuda profesional

Capacitar para mejorar el conocimiento ambiental

Desarrollar un programa en educación ambiental

Crear hábitos responsables con mi entorno fortaleciendo la cultura ambiental y el amor hacia los recursos naturales nativos.

Reorganizar el suelo, para su aprovechamiento económico, fuentes alimenticias y reservas ecológicas.



Imagen: La zona minera antes de iniciar la propuesta de intervención educativa.

La imagen muestra cómo se encuentra actualmente el terreno explotado, evidenciándose un suelo totalmente desértico, abandonado, con erosión, cárcavas y montículos de material mineral como recebo y gravilla.

El segundo momento de la investigación se tituló: “El antes y después de nuestro territorio”, se desarrolló el taller de cartografía social con el fin de convocar nuevamente a la comunidad y mirar como ellos desde su perspectiva visualizaban el territorio, como querían que en unos meses se viera la recuperación de la zona y en general la vinculación de los 50 trabajadores de la mina.

El resultado del taller muestra de manera paralela, que la comunidad implicada hace una proyección de área reverdecida, con muchos árboles, la conservación de la fuente hídrica y la preservación de la



fauna. Al igual, la comunidad muestra interés por mejorar su paisaje natural y por adquirir buenos y responsables hábitos de aprovechamiento del elemento suelo. Y hay una apropiación de actividades que propenden por la mitigación del problema ambiental, con prácticas Agro-ecológicas, en torno a la problemática la comunidad manifestó la concertación de actividades para mitigar la problemática, entre ellas:

ASOGRASTORRES, sensibilizadores ambientales, prestos para acudir a los talleres de formación en procesos ambientales, participar de las prácticas Agro-ecológicas y realizar seguimiento a las mismas. Fortalecer lazos de asociación

Crear zona reserva natural en un área de 100 m², con árboles de Guayacan rosado, Mónico, Nauno, Acacias, bambú y Nopal.

Respetar zonas ya explotadas para que sin ningún tipo de intervención se restablezca con plantas pioneras y nativas.



Imagen: La zona minera al iniciar la propuesta de intervención educativa.

Finalmente el momento de reflexión da cuenta de que el proceso que se inició con la comunidad minera, fue un proceso muy significativo, el hecho de recuperar la zona afectada por la acción minera con la visión de sembrar para dar continuidad a un proceso de desarrollo sostenible, vinculando la parte social, ambiental y económica, en el sentido, que se sembraron arboles maderables, cítricos y cultivos de pan coger.

CONCLUSIONES

Finalmente la experiencia permite concluir:



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



La realidad Investigada fue una construcción en equipo, un intercambio de experiencias, un proceso oportuno de comunicación, confrontación y complementación de conocimientos, donde se escucharon las diferentes interpretaciones y visiones del fenómeno producido por la actividad minera irresponsable. De igual forma se plantearon propuestas que llevarían a resolver la situación de deterioro del elemento Suelo, mediante la adopción de herramientas transformadoras como lo son las prácticas Agro - Ecológicas que a través de diversos puntos de vista, llegaron a orientar hábitos y actitudes.

La Educación Ambiental dirigida a una población desescolarizada, responde a las necesidades, intereses y problemáticas de dicha comunidad, fomentando la cultura ciudadana, fortaleciendo las capacidades para transformar su medio natural y social, sobre todo de manera espontánea, logra una extensión o multiplicación de experiencias significativas a otras comunidades que realizan actividades de explotación minera.

La construcción de saber y conocimiento constituyen un espacio de reflexión y apropiación social, donde la comunidad intervenida mediante el enfoque de Acción Participativa, interactúa, comparte y analiza resultados de la investigación con el fin de generar una simbiosis entre aprovechamiento del elemento natural suelo y su forma de recuperar la cobertura vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bernal, R. (2006). Ambiente humano: Un enfoque para la formación de ciudadanos. Dialnet, p. 136-144

Botin, J. (2010). Integración de la Sostenibilidad en los Niveles Operacionales de la Empresa Minera, Ponencia en Congreso o Jornada (Artículo), Conferencia Internacional Minería Sostenible, 2009. CIMS: Santiago de Compostela.

Bisguerra, R. (2009). Metodología de la investigación educativa. Madrid: La muralla.

Fermoso, P. (1994). Desarrollo de habilidades cívico-sociales y habilidades políticas y ciudadanas en pedagogía social. Barcelona: Herder.

Fernández, V. (2003). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. En V. C. Fernández, Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Ferrer, Y. R. (2009). Evaluación en el tiempo del impacto ambiental con técnicas difusas. Aplicación minería del Moa. España.

Gardner, H. (2012). En H. Gardner, El desarrollo y la educación de la mente. Madrid

Ministerio De Educación Nacional. (2002). Ministerio de Medio Ambiente. Política Nacional de Educación Ambiental, SINA. Bogotá, D.C. Julio de 2002.

Moreno, J. E. (2004). Guía minero ambiental para la explotación de materiales de construcción en el municipio de Soacha- Cundinamarca. Bogotá.

Vasco, C. (2003). Introducción a los estándares básicos de calidad para la educación. MEN-ASCOFADE.

Zapata, O. (2005). La Aventura del pensamiento crítico: Herramientas para elaborar tesis e investigaciones socioeducativas. México: Pax.e

APLICACIÓN DEL MODELO ESTOCÁSTICO WIENER-FPK EN CAUDALES MEDIOS DEL RIO FONCE EN CONDICIONES DEL SISTEMA DE PEARSON

Juan Sebastián Rojas Ramírez

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Grupo Visión Colombia Hídrica,
Proyecto de Investigación ING 1770 de 2015

Bogotá, Colombia

u1101505@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El objetivo del trabajo es construir un modelo determinista para simular el comportamiento de los caudales medios del Rio Fonce y a partir de este deducir la correspondiente ecuación Fokker-Planck-Kolgomorov - FPK así como también enlazar la FPK al proceso estocástico tipo Wiener y al sistema de Pearson. La primera etapa consiste en aplicar la FPK, usando el método numérico y posteriormente se deducirá para el proceso estocástico tipo Wiener la respectiva ecuación FPK y finalmente se modelará el comportamiento de los caudales medios mediante el modelo FPK-Pearson. Los resultados pertenecen a la etapa 1 y demuestran que es viable aplicar el modelo FPK, al comportamiento de los





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



caudales medios. El trabajo se desarrolló en el marco de investigación UMNG ING 1770 de 2015, con recursos financieros de la Vicerrectoría de investigaciones y en conjunto con la universidad de Pamplona.

PALABRAS CLAVE: Ecuación Fokker-Planck-Kolgomorov, Proceso estocástico, proceso estacionario, proceso no estacionario

ÁREA TEMÁTICA: Modelación y simulación de sistemas ambientales.

ABSTRACT

The object of this work is build a deterministic model to simulate de behavior of the Fonce River average streamflows and from that deduce the corresponding the Fokker-Planck-Kolgomorov equation FPK as well as also link the FPK to the Wiener stochastic process and Pearson system. The first stage consists in apply the FPK, using the numerical method, later will deduce to the Wiener stochastic process the respective FPK equation and finally will model the behavior of the average streamflows through the FPK-Pearson model. The results belong to the stage 1, shows that is viable to apply the FPK model, to the average streamflows behavior. This work was developed in the framework research UMNG ING 1770 in 2015, with economical resources of the vice-rector of search and together with Pamplona's college.

KEYWORDS: FPK equation, stochastic process, stationary process, non-stationary process

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno que se ha venido estudiando desde el siglo XIX y se considera que su desarrollo data desde el año 1950 (IPCC, 2013) teniendo como su más importante consecuencia el calentamiento global. Se presumen que este fenómeno ha desestabilizado el comportamiento meteorológico alrededor del mundo con las respectivas situaciones de desastres e innumerables pérdidas económicas y humanas.

A raíz del cambio climático los procesos hidrológicos en la hidrósfera podrían alterar su comportamiento histórico y por lo tanto se requiere complementar los modelos estadísticos clásicos (que estudian procesos estacionarios), de tal manera que la modelación se lleve a cabo con la teoría de procesos no estacionarios. Se conocen casos en los cuales en algunos ríos las variables hidrológicas o presentan aumentos tendenciales o disminuciones durante varios años: en la estadística clásica se asume que los parámetros estadísticos en general permanecen constantes a lo largo del tiempo,



pero en el caso de algunos los ríos no se cumple esta condición. Un ejemplo claro de estos comportamientos no estacionarios en el tiempo es el de los caudales medios en el Rio Fonce (San Gil, Santander) pues a lo largo del tiempo su valor medio no permanece constante (figura 1). En los casos de procesos no estacionarios se suele utilizar el modelo Fokker-Planck-Kolmogorov (FPK) o también conocido como Fokker-Planck, el cual permite simular una relación cuenca-lluvia- evaporación-suelo-escorrentía. En el trabajo se aplica la FPK en una relación lluvia-escorrentía y su solución se brinda mediante un método numérico.

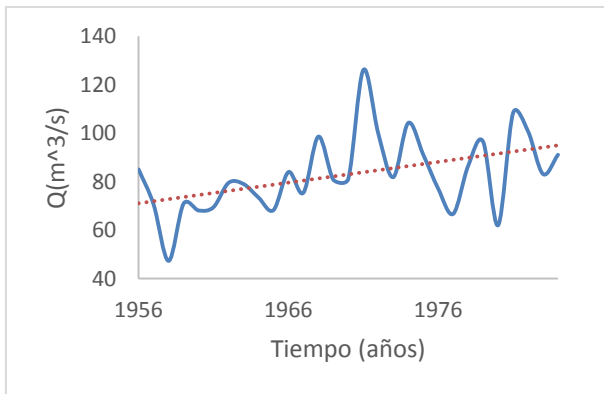


Figura 1: Caudales Medios anuales en el Rio Fonce

MÉTODOS

Se aplica el modelo bajo condiciones no estacionarias de la ecuación Fokker-Planck-Kolmogorov, con sus respectivas condiciones iniciales, valores de frontera, modelación y resultados.

El modelo FPK se deriva u obtiene a partir de un modelo determinista, al cual se le introducen señales aleatorias tipo ruido blanco (ver descripción detallada en (Domínguez & Rivera, 2010). El modelo determinista relaciona los procesos de precipitación, evaporación, evapotranspiración, filtración y escorrentía, y al incluirle incertidumbre mediante los ruidos blancos, se convierte en una ecuación diferencial aleatoria (EDA), sobre la cual finalmente se deriva la FPK en la forma siguiente:

$$\frac{\partial p(Q, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial Q} [A(Q, t)p(Q, t)] + 0.5 \frac{\partial^2}{\partial Q^2} [B(Q, t)p(Q, t)]$$

(1)



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



El resultado de modelar procesos con la FPK es un histograma de frecuencias de caudales (monomodal, bimodal, trimodal, según el caso de la ecuación determinista). En esta ecuación $p(Q,t)$ es la función de densidad de probabilidad (fdp) asociada a los caudales medios anuales (Q) que puede cambiar en el tiempo (t); $A(Q,t)$ es el coeficiente de traslación que determina cómo se desplazan las frecuencias a lo largo del eje de las abscisa Q ; $B(Q,t)$ es el coeficiente

de difusión o volatilidad que determina cómo aumentan o disminuyen las frecuencias en cada evento o intervalo del histograma. En la estructura interna de ambos coeficientes se encuentra la vida misma del proceso en estudio, el cual en nuestro caso corresponde a los caudales medios del río Fonce, desde su nacimiento hasta el municipio de San Gil. Para el trabajo de investigación presente se asume que por tratarse de un río de montaña, los coeficientes de la FPK deben al menos considerar la formación de los caudales del río a partir de las lluvias, teniendo en cuenta la incertidumbre presente no sólo en los datos medidos sino además aquella que surge por no tener en cuenta otros procesos que inciden en la formación de los caudales.

Según lo anterior, los coeficientes se definen así (Kovalenko, 1993):

$$A(Q, t) = -(\bar{C} - 0.5G_{\bar{C}})Q - 0.5G_{\bar{C}\bar{N}} + \bar{N}$$

$$B(Q, t) = G_{\bar{C}}Q^2 - 2G_{\bar{C}\bar{N}}Q + G_{\bar{N}}$$

(2)

Las condiciones de escorrentía influenciada por las propiedades de vegetación y suelos en la cuenca (hasta San Gil) se expresan en \bar{C} , las lluvias en la cuenca se expresan mediante N y los niveles de incertidumbre mediante las intensidades de los ruidos blancos $G_{\bar{C}}, G_{\bar{C}\bar{N}}, G_{\bar{C}}, G_{\bar{N}}$.

En desarrollo de la modelación se suele recurrir a la parametrización, la cual en este caso se realiza a partir de los coeficientes de Pearson a, b_0, b_1 y b_2 , Los detalles del Sistema de Pearson se hallan descritos en (Dominguez & Rivera, 2010):. Para este caso se asume que el histograma empírico de frecuencias se describe en forma adecuada mediante el Tipo III de Pearson y por lo tanto el parámetro b_2 es nulo.

Las expresiones de los parámetros a, b_0, b_1 y b_2 vienen relacionadas en este caso particular con los estadísticos de los parámetros \bar{C} y

\bar{N} de la siguiente forma (Domínguez & Rivera, 2010):



$$a = \frac{G_{\bar{C}\bar{N}} + 2\bar{N}}{2\bar{C} + G_{\bar{c}}}; \quad b_0 = -\frac{G_{\bar{N}}}{G_{\bar{c}} + 2\bar{C}}$$

$$b_1 = \frac{G_{\bar{C}\bar{N}}}{G_{\bar{c}} + 2\bar{C}}; \quad b_2 = 0$$

(3)

La solución de la ecuación teniendo en cuenta que Q está entre un rango [a,b], se puede formar una malla Q x t con nodos definidos $Q_j = a + j\Delta Q$ y $t_i = t_0 + i\Delta t$, donde $j=0,1,\dots,n$ ($n=(b-a/\Delta Q)$) e $i=0,1,\dots$ el número de saltos en t será descrita por una condición de estabilidad presentada más adelante. La solución numérica de la ecuación FPK se representa de la siguiente manera:

$$\frac{p_j^{i+1} - p_j^i}{\Delta t} = - \left\{ \sigma \left[\frac{(\phi L(A_{j+1}^{i+1} p_{j+1}^{i+1} - A_j^{i+1} p_j^{i+1}))}{\Delta Q} + \frac{(\phi R(A_j^{i+1} p_j^{i+1} - A_{j-1}^{i+1} p_{j-1}^{i+1}))}{\Delta Q} \right] + (1 - \sigma) \left[\frac{(\phi L(A_{j+1}^i p_{j+1}^i - A_j^i p_j^i))}{\Delta Q} + \frac{(\phi R(A_j^i p_j^i - A_{j-1}^i p_{j-1}^i))}{\Delta Q} \right] \right\} + \left\{ \sigma \left[\frac{1}{2} \frac{(B_{j+1}^{i+1} p_{j+1}^{i+1} - 2B_j^{i+1} p_j^{i+1} + B_{j-1}^{i+1} p_{j-1}^{i+1})}{\Delta Q^2} \right] + (1 - \sigma) \left[\frac{1}{2} \frac{(B_{j+1}^i p_{j+1}^i - 2B_j^i p_j^i + B_{j-1}^i p_{j-1}^i)}{\Delta Q^2} \right] \right\}$$

(4)

donde σ es el coeficiente de ponderación del tiempo por capas, su valor puede oscilar de 0 a 1. ϕ_r y ϕ_L son coeficientes direccionales.

La solución de la ecuación 7 se puede realizar de dos maneras: implícita y explícita. La primera se realiza cuando el coeficiente de ponderación vale 0 y significa tener que realizar un procedimiento más largo en el método numérico aplicado, en nuestro caso decidimos realizar la solución explícita donde σ es igual a 1 y se reduce significativamente, resultando así:

$$\frac{p_j^{i+1} - p_j^i}{\Delta t} = - \left\{ \sigma \left[\frac{(\phi L(A_{j+1}^{i+1} p_{j+1}^{i+1} - A_j^{i+1} p_j^{i+1}))}{\Delta Q} \right] \right\} + \left\{ \sigma \left[\frac{1}{2} \frac{(B_{j+1}^{i+1} p_{j+1}^{i+1} - 2B_j^{i+1} p_j^{i+1} + B_{j-1}^{i+1} p_{j-1}^{i+1})}{\Delta Q^2} \right] \right\}$$

(5)

para realizar su solución numérica se requiere una condición de estabilidad (Dominguez & Rivera, 2010), que a su vez determina el número de saltos en i:

$$\max(|B(t, Q)|) \frac{\Delta t}{\Delta Q^2} < \frac{1}{2}$$

(6)

Las condiciones de frontera, se establecen con:

$$\left(A(t, Q)p(t, Q) - \frac{\partial^2 [B(t, Q)p(t, Q)]}{2\partial Q^2} \right) = 0$$

(7)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Los datos fueron aportados en forma gratuita por el Instituto IDEAM y comprendieron: una serie de valores de caudales medios anuales desde 1956 hasta 2012 del río Fonce en San Gil y una serie de valores totales anuales de precipitación en Charalá. La serie de precipitaciones y de caudales se fraccionó en dos momentos temporales: a) el primero de 1956 a 1984, con la cual se realizó la parametrización de la ecuación FPK; b) el segundo de 1985 a 2012 con el cual se validó el histograma modelado.

Los coeficientes de Pearson para el Tipo III se estimaron con la metodología de Mitropolskii y sus valores se muestran en las siguientes tablas (Dominguez & Rivera, 2010):

Tabla 1: Coeficientes de Pearson

μ_2	4.512768332
μ_3	-12.24920715
μ_4	168.1989645

Tabla 2: Coeficientes de Pearson y parametros para el calculo de los valores A y B

Coeficientes de Pearson		\bar{C}	-263.0415696
b0	12.24920715	$G_{\bar{C}\bar{N}}$	-1805.966667
b1	6.86570822	$G_{\bar{N}}$	6444.101352
a	-6.86570822	$G_{\bar{C}}$	263.0415696
\bar{N}	2708.95		

Aplicando la ecuación 2 a nueve intervalos (o eventos) de caudal, obtuvimos los siguientes resultados para los parámetros A y B:

Tabla 3: Valores de A y B

Q (m ³ /s)	A	B
42.33	21526.57215	690947.746
52.17	25690.99563	988847.85
62.03	29863.88339	1342157.37





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



71.89	34036.77114	1750326.45
81.75	38209.6589	2213355.09
91.61	42382.54665	2731243.3
101.47	46555.43441	3303991.08
111.33	50728.32217	3931598.42
121.19	54901.20992	4614065.32
132.05	59497.31145	5429235.42

A partir de los coeficientes de Pearson, ya se puede obtener una solución numérica para la ecuación FPK. En la web hay un claro ejemplo de cómo realizar el código de programación en el lenguaje Python; se reconoce que ofrece una gran ayuda a la hora de llegar a la solución y el archivo se llama Performance Python: Solving The 2D Diffusion Equation with Numpy. Durante la realización del código no se tuvieron grandes problemas más allá de la gran cantidad de iteraciones que tenía que realizar el computador, pues estos dependían del valor máximo de B, y fue bastante elevado. Se obtuvo una matriz muy grande, la cual fue el trabajo más dispendioso dentro de la investigación.

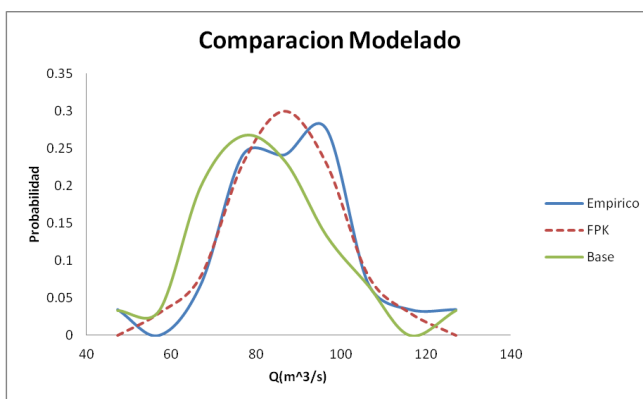


Figura 2: Comparación del modelo con el resultado empírico, Base (1956-1984), Empírico y Modelado (1985-2012)

4 CONCLUSIONES





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



La modelación realizada con la ecuación FPK describe en forma adecuada al comportamiento empírico de los años 1984 y 2012.

La solución es aplicable en Hidrología, para caudales anuales, pero también se podría proponer para intervalos de tiempo menores como caudales diarios y seguir avanzando en el estudio y desarrollo de mejores técnicas de pronóstico basado en procesos bajo condiciones no estacionarias que nos lleven a obtener alarmas, o avisos de sequía, inundación o cualquier tipo de caudal que sea importante para la sociedad en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Kovalenko, V. (1993) Modelling of Hydrological Processes. Guidrometeoizdat, St Petersburg.
- Dominguez, E., Rivera, H., 2010. A Fokker-Planck-Kolmogorov equation approach for the Monthly affluence forecast of Betania hydropower reservoir. J. Hydroinformatics 12 Bogota, 486–501.
- Thomas, R (2011). Stochastic modeling of hydrometeorological extremes and their possible relation with global change. Bogotá.
- Hassidoff, 2008, Verificación de la hipótesis de intensidades de ruido invariantes en la formulación de escenarios hidrológicos utilizando la solución pseudoestacionaria de la ecuación Fokker-Planck-Kolmogorov, Bogotá.

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PEARSON EN EL MODELADO ESTOCASTICO DE LOS PROCESOS DE PRECIPITACION, EVAPORACION Y ESCORRENTIA SUPERFICIAL (CAUDALES MEDIOS) EN EL RIO FONCE (SANTANDER)

Jorge Brandon Fuentes Bacca
Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Grupo Visión Colombia Hídrica,
Proyecto de Investigación ING 1770 de 2015
Bogotá, Colombia
u1101464@unimilitar.edu.co

RESUMEN





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Este trabajo da respuesta al interrogante ¿es posible modelar el comportamiento estocástico de los procesos del balance hídrico en la parte alta de la cuenca del río Fonce mediante el Sistema de Pearson-Wiener? El trabajo se desarrolló en el marco del proyecto de investigación UMNG ING 1770 de 2015, con recursos financieros de la Vicerrectoría de Investigaciones y en conjunto con la Universidad de Pamplona. El Sistema de Pearson es un ensamble de modelos estadísticos que se utiliza en diversas ramas de las ciencias (finanzas, economía, física, química) para simular el comportamiento de las trayectorias de los procesos con soporte en datos históricos. En el ámbito de la ingeniería civil fue descrito por hidrólogos famosos desde principios y mediados del siglo XX, tales como Foster y Ven Te Chow. Los resultados demuestran que el comportamiento anual de la precipitación, evaporación y escorrentía se modela en forma adecuada mediante los tipos diversos del Sistema de Pearson.

PALABRAS CLAVE: Sistema de Pearson, Balance Hídrico, Río Fonce

ÁREA TEMÁTICA: Modelación y simulación de sistemas ambientales.

ABSTRACT

This project gives answer to the question, Is it possible to model the stochastic behavior of the processes of the water balance in the upper river basin Fonce by Pearson-Wiener System? The project was developed in the framework of the research project 1770 ING UMNG 2015, with resources from the office of Investigation and together with the University of Pamplona. Pearson System is an ensemble of statistical models used in various branches of science (finance, economics, physics, chemistry) to simulate the behavior of the trajectories of the processes supported with historical data. In the field of civil engineering it was described by famous hydrologists from early to mid-twentieth century, such as Foster and Ven Te Chow. The results shows that the annual behavior of rainfall, evaporation and runoff model adequately thought various types Pearson System.

Keywords: Pearson's System, Water Balance, Fonce River

INTRODUCCIÓN

El balance hídrico es una relación de los procesos de precipitación, evaporación, filtración, almacenamiento y escorrentía. Esta relación en hidrología se establece mediante el método estadístico de los momentos de Pearson y en la práctica es una ecuación algebraica de valores promedios de cada proceso (Rivera H., 2013).





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



El concepto de balance hídrico implica al menos las siguientes consideraciones: a) la cuenca es un sistema cerrado, b) dentro de la cuenca los procesos del balance se referencian mediante el valor medio multianual; c) para que sea válida la relación entre los procesos diversos se requiere que el periodo temporal sea homogéneo, d) en ese periodo temporal cada proceso cumple con la propiedad de estacionariedad estadística, e) a futuro los procesos deben mantener sus momentos estadísticos con valores constantes.

Dado que el balance hídrico se estima con valores estadísticos de las series temporales de cada proceso, resulta justo preguntarse si el Sistema de Pearson puede modelar el comportamiento histórico de cada proceso inmerso en el balance. Para ello, se toman inicialmente como referencia en este trabajo cinco procesos: precipitación, evaporación, temperatura, tensión de vapor, humedad relativa y escorrentía superficial. El periodo temporal homogéneo se tomó del año 1983 al año 2012. Finalmente para el estudio mediante el modelo de Pearson se tomaron para el balance hídrico tres procesos: precipitación, evaporación y escorrentía superficial.

MÉTODO

Se aplica el Sistema de Pearson para modelar el histograma de frecuencias en cada uno de los tres procesos seleccionados del balance hídrico en el tiempo 1983-2012.

El Sistema de Pearson es un juego de modelos estadísticos para simular el comportamiento estadístico de un fenómeno y se expresa mediante la ecuación diferencial ordinaria de primer orden, así:

$$\frac{1}{y} \frac{dy}{dQ} = \frac{Q}{C_1 + C_2 Q + C_3 Q^2} \quad (1)$$

en donde,

TIPO	ECUACIÓN
I	$y = y_0 (1 + x/a_1)^{va_1} (1 - x/a_2)^{va_2}$
II	$y = y_0 (1 - x^2/a_2)^m$
III	$y = y_0 (1 + x/a)^{va} e^{-\gamma x}$
IV	$y = y_0 (1 + x^2/a^2)^{-m} e^{-\gamma \tan^{-1}(x/a)}$
V	$y = y_0 x^{-p} e^{-\gamma/x}$
VI	$y = y_0 (x - a)^{ca} x^{-ca}$
VII	$y = y_0 (1 + x^2/a^2)^{-m}$
VIII	$y = y_0 (1 + x/a)^{-m}$
IX	$y = y_0 (1 + x/a)^m$
X	$y = y_0 e^{-x/\sigma}$
XI	$y = y_0 x^{-m}$
XII	$y = y_0 \left(\frac{\sigma(\sqrt{3 + \beta_1} + \sqrt{\beta_1}) + x}{\sigma(\sqrt{3 + \beta_1} - \sqrt{\beta_1}) - x} \right)^{\sqrt{\beta_1/3 + \beta_1}}$
XIII	$y = y_0 * e^{-x^2/2\sigma^2}$





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Q es el símbolo en letra que representa a los valores de los procesos del balance hídrico;
y es el símbolo en letra que representa a la probabilidad de un evento en los valores de los procesos del balance hídrico;
dQ es el símbolo en letras que representa al diferencial de Q;
dy es el símbolo en letras que representa al diferencial de y, es decir, a la variación infinitamente continua de la probabilidad.
C1, C2, C3 son símbolos en letras y números que representan a los parámetros estadísticos del histograma de frecuencias o de la ley de distribución de probabilidades.

De acuerdo con los valores de los parámetros estadísticos, se obtienen trece (13) modelos diferentes en el Sistema de Pearson (tabla 1).

Tabla 1. Fórmulas de los modelos estadísticos de Pearson. Fuente: Elderton P. (1906).

Los valores de los parámetros empíricos m, a, γ se obtienen con los datos históricos; mientras que los coeficientes se estiman mediante las fórmulas:

$$\beta_1 = \mu_3^2 / \mu_2^3$$

$$\beta_2 = \mu_4 / \mu_2^2$$

Según el valor del criterio k, se identifican trece (13) tipos de histogramas teóricos de Pearson (tabla 2).

Tabla 2. Valores del criterio kappa K





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



TIPO	CRITERIO
I	K negativo
II	$K = 0, \beta_1 = 0, \beta_2 < 3$
III	$2\beta_2 = 6 + 3\beta_1$
IV	$0 < K < 1$
V	$K = 1$
VI	$K > 1$
VII	$k = 0, \beta_1 = 0, \beta_2 > 3$
VIII	k negativo, $\lambda = 0$ $5\beta_2 - 6\beta_1 - 9$ negativo
IX	k negativo, $\lambda = 0$ $5\beta_2 - 6\beta_1 - 9$ positivo $2\beta_2 - 3\beta_1 - 6$ negativo
X	$\beta_1 = 4, \beta_2 = 9$
XI	$k > 1, \lambda = 0$ $2\beta_2 - 3\beta_1 - 6$ positivo
XII	$5\beta_2 - 6\beta_1 - 9 = 0$
XIII	$k = 0, \beta_1 = 0, \beta_2 = 3$

En el desarrollo del trabajo se aplicó el criterio kappa k, a cada uno de los valores anuales multianuales de cada uno de los procesos seleccionados del balance hídrico y así se determinó el modelo estadístico que se ajusta adecuadamente a los datos históricos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos fueron aportados en forma gratuita por el Instituto IDEAM y comprendieron: tres series de valores multianuales de precipitación, evaporación y caudales desde 1983 hasta 2012.



La precipitación y la evaporación se tomaron de la estación meteorológica ubicada en Charalá en la parte alta de la cuenca del río Fonce, mientras que los caudales se tomaron de la estación hidrológica ubicada en San Gil. A continuación se muestran los histogramas empíricos (según los datos de las series temporales en 30 años) y los histogramas teóricos obtenidos a partir del modelado con el Sistema de Pearson (figura 1).

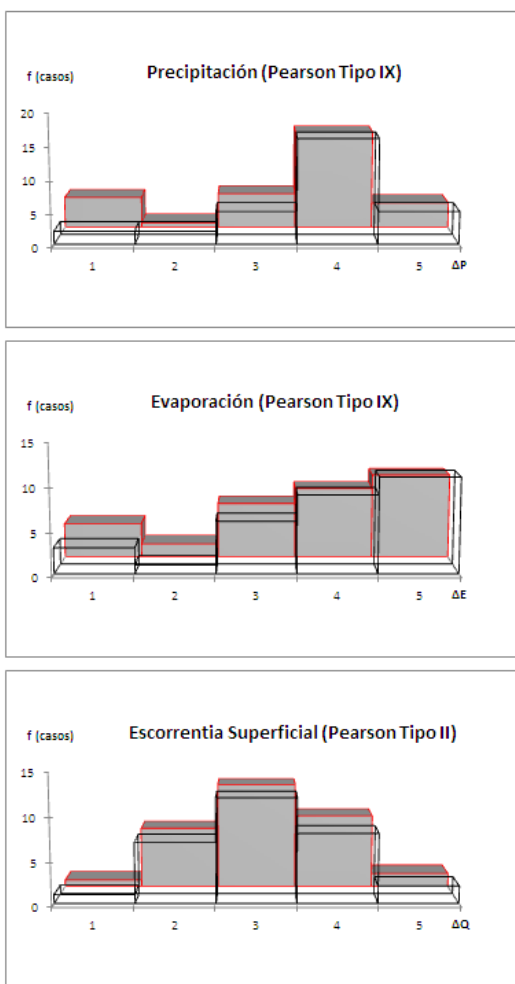


Figura 1. Histograma empírico (transparente) de las frecuencias e histograma teórico (en color gris)



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



En la tabla 3 y 4 se presentan los valores de los parámetros de cada uno de los modelos estadísticos del Sistema de Pearson, así como también la definición del tipo de curva del Sistema de Pearson que mejor describe (según el criterio kappa k).

Tabla 3. Valores de los parámetros

Proceso	μ_2	μ_3	μ_4
Precipitación	1,01	-1,21	3,94
Evaporación	1,48	-1,86	6,59
Escurrentía	0,81	0,03	1,62

Tabla 4. Tipo de Pearson

Proceso	β_1	β_2	k	Tipo
Precipitación	1,43	3,89	-0,60	IX
Evaporación	1,07	3,02	-0,35	IX
Escurrentía	0,00	2,49	0,00	II

En la tabla 5 se ilustran los valores empíricos de las frecuencias y los valores de las frecuencias que arrojan los modelos estadísticos de Pearson.

Tabla 5. Valores de las frecuencias

Proceso		Intervalos				
		1	2	3	4	5
Precipitación	Valor empírico	2	2	5	16	5
	Valor teórico	5	1	5	15	4
Evaporación	Valor empírico	3	1	6	9	11
	Valor teórico	4	2	6	8	10
Escurrentía	Valor empírico	1	7	12	8	2
	Valor teórico	1	7	12	9	2

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede reflexionar lo siguiente:





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



El balance hídrico en realidad utiliza el método estadístico en su estimación, habida cuenta que exige una serie temporal por cada proceso, utilizando para ello sólo el valor promedio de la serie.

En la serie temporal se exige que el periodo sea homogéneo.

Según este trabajo cada proceso obedece a una ley de distribución de frecuencias diferente: la precipitación es tipo IX, la evaporación es IX y la escorrentía es tipo II.

Surge la pregunta: ¿cómo relacionar estadísticamente valores promedios de histogramas diferentes? No debería exigirse además que las leyes de distribución de los procesos vinculados al balance hídrico fuesen las mismas o idénticamente distribuidas.

Además de lo anterior, ¿cómo estimar el balance hídrico en las cuencas cuando se tengan procesos no estacionarios (sea influenciados por actividades antropogénicas o por fenómenos de cambio climático)?

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta por primera vez para el caso del balance hídrico de la cuenca (parte alta) del río Fonce la aplicación del Sistema de Pearson.

Según el criterio kappa k de Pearson, se tiene que la precipitación y la evaporación en sus series temporales (del año 1983 al 2012) se describe en forma adecuada con el tipo IX del Sistema de Pearson y la escorrentía con el tipo II. En otros estudios se afirma que la escorrentía se describe en forma adecuada con el tipo III de Pearson, lo cual no se evidenció en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

V. T. Chow, D. R. Maidment, L. W. Mays. Handbook of applied Hydrology. San Francisco, McGraw-Hill, 1964.

Elderton P. Frequency curves and correlation. London, Institute of Actuaries, 1906.

Benjamin J. Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers. San Francisco, McGraw-Hill, 1970.

H. G. Rivera, D. C. Palacio Gómez, F. M. Rangel Guerrero. Impacto de los escenarios de cambio climático en los recursos naturales renovables en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander. Bogotá, Otero Impresos – Universidad Nacional de Colombia, 2013.

L. Aparicio. Fundamentos de hidrología de superficie. México, Limusa, 1982.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL FRENTE A LAS CONSECUENCIAS DE LOS CAMBIOS CLIMATICOS

Tayde Gutierrez¹, Carlos Castellanos², Nathalie Hernandez³

- 1: Semillero de Medio ambiente y desarrollo Sostenible, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.
- 2: Semillero de Medio ambiente y desarrollo Sostenible, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.
- 3: Semillero de Medio ambiente y desarrollo Sostenible, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.

* Tgutierrez.ingeniero@gmail.com

Resumen

Pese a los esfuerzos nacionales para mejorar la seguridad territorial, el bienestar social y la sostenibilidad ambiental, Colombia aún presenta grandes problemáticas en estos ámbitos. La alteración de las condiciones demográficas del territorio, el cambio climático latente, la variabilidad climática actual, el crecimiento sustancial del riesgo y la expansión urbana inminente, han aumentado la potencialidad del impacto generado por fenómenos naturales; sujeto a esto, la precaria gestión territorial ha contribuido al detrimento de las poblaciones directamente afectadas por este tipo de impactos. Analizando el contexto que posee el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) como herramienta básica en la planificación y ordenamiento del territorio, y dado que los cambios climáticos son una amenaza sustancial que puede acarrear un retroceso en los niveles del desarrollo ambiental, social y económico del País; se hace necesario realizar una gestión integral del territorio, basada en la prevención, el control y la mitigación de los posibles impactos causados por los fenómenos naturales. El objeto de la investigación fue determinar de qué manera se ha incorporado la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento, la exposición de la problemática generada en las últimas décadas; analizando la normativa actual vigente y las metodologías para la evaluación del riesgo que se están implementando en el País. El trabajo buscó comprender como es el proceder actual en la reglamentación del riesgo (específicamente el generado por los cambios climático) en los POTs, enmarcando en el desarrollo seguro, sostenible y sustentable.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Palabras Clave: Cambio climático, variabilidad climática, expansión urbana, fenómenos naturales, gestión territorial, gestión del riesgo, POT; desarrollo seguro, sostenible y sustentable

Abstract

Despite national efforts to improve territorial security, social welfare and environmental sustainability, Colombia still has major problems in these areas. Altering the demographics of the territory, the latent climate change, the Current Climate Variability, the substantial growth of risk and the impending urban expansion, have increased the potential impact generated by natural phenomena; subject to this, the precarious territorial management has contributed to the detriment of the populations directly affected by such impacts. Analyzing the context that owns the land use plan (POT) as a basic tool in planning and territorial ordering, and given that climates changes are a substantial threat that can bring a setback in the levels of environmental, social and economic development of the country; is required integral management of the territory, based on prevention, control and mitigation of potential impacts caused by natural phenomena. The object of the research was to determine how the risk has been incorporated in management plans, exposing the problems generated in the last decades; analyzing the current regulations and methodologies for risk assessment implemented in the country. Research sought to understand how is the current proceed in the regulation of risk (specifically generated by climates changes) in the POTs, framing in the safe, sustainable and sustainable development.

Keywords: Climate change, climate variability, urban expansion, natural phenomena, territorial management, rick Management POT; safe, sustainable and sustainable development

INTRODUCCIÓN

La estrategia para adaptación al cambio climático y a la variabilidad climática se establece como una oportunidad de corto, mediano y largo plazo que permite garantizar la competitividad territorial y la protección de las inversiones económicas y sociales gestadas en el territorio colombiano, debido a esto el País ha buscado la articulación progresiva de políticas nacionales y planes de adecuación que suplan las necesidades actuales.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Paulatinamente se ha buscado la generación de metodologías idóneas que puedan subyugar los problemas prospectivos en los cuales el País se encuentra inmerso, destacando en gran medida la prevención, mitigación, control y evaluación de eventos naturales.

Resaltando lo establecido en el documento denominado Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia, donde se sustenta que, “Aunque todavía no hay evidencia empírica que permita correlacionar efectos del cambio climático con la frecuencia de desastres en el país” (Banco Mundial, 2012,51). Intrínsecamente se objeta que las alteraciones generadas por el cambio climático y la variabilidad climática se instauran como factores de aumento en la exposición y la vulnerabilidad, detallando claramente la relación funcional que se establece entorno de las variables climáticas y los fenómenos naturales.

Bajo este concepto se infunde la necesidad de incluir la afectación de los cambios climáticos en los procesos de desarrollo y planificación territorial; de no darse esta generalidad se presume un aumento gradual del riesgo, proyectando escenarios futuros críticos en términos de pérdidas humanas, materiales y el del impacto ambiental y financiero.

Analizando la normativa actual y los eventos acontecidos en las últimas décadas, se crea la necesidad de generar un empalme de información, realizando un análisis de contenido en la legislación nacional y en las metodologías e investigaciones internacionales; basado en temas de riesgo, cambio climático, variabilidad climática y ordenamiento territorial, teniendo en cuenta la situación vigente y la realidad venidera del País

METODOLOGIA

La metodología aplicada se basó en un análisis de contenido. Según Berelson (1952), es una técnica de investigación que pretende ser objetiva, sistemática y cuantitativa en el estudio del contenido manifiesto de la comunicación”. Teniendo en cuenta que no solo es una descripción continua de temáticas, sino que se establece como un modelo para la generación de conocimiento integrando información relevante y veras. Piñeres (2001) dice que la denominación de “contenido”, lleva a suponer que el “contenido” está encerrado, guardado u oculto dentro de un “continente” (el documento físico, el texto registrado, etc.) y que analizando “por dentro” ese “continente”, se puede desvelar su contenido de forma dando una nueva “interpretación” tomando en cuenta los datos del análisis. Teniendo en cuenta este planteamiento, en la investigación, se acoplara la normativa





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



ambiental, de riesgo y de gestión territorial desarrollada en las últimas décadas en Colombia, integrando la temática de fenómenos climáticos y sus consecuencias. Analizando en gran medida la vulnerabilidad y amenaza causada y amplificada por eventos meteorológicos agrestes.

GESTIÓN DE RIESGO, ALTERACIONES CLIMÁTICAS Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

La gestión del territorio, las alteraciones climáticas y el ordenamiento territorial son temas relevantes, por tanto, se definen a continuación a partir de la conceptualización que han desarrollado las autoridades internacionales y se menciona su importancia.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC¹, se denomina Cambio Climático (CC) a “una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más)” (2001, 175), se resalta también que se debe tener en cuenta el concepto expuesto por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático CMMUCC², la cual lo define como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.” (1992, 6)

Pasando a la definición de Variabilidad Climática (VC), el IPCC la define como “las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados.” (2001, 198)

El Centro Regional de Información sobre Desastres CRID³ da un ejemplo básico para relacionar y percibir de mejor manera estos dos conceptos; “imaginemos, que en una localidad llueve 2000 mm anuales y un año lloviera 100 mm durante 11 meses y 1900 concentrados en un solo mes. El total seguiría siendo 2000, pero los pobladores tendrían que lidiar con 11 meses de sequía seguida por una intensidad de lluvias que pueden ocasionar una inundación repentina.” (2010)

Comprendiendo esto, reluce la importancia en la diferenciación de conceptos intrínsecos básicos, para el análisis y comprensión de información significativa en la investigación.

¹ Se crea en 1988 con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta

² Adoptada en Rio de Janeiro en junio de 1992., se realizó con el fin de generar conciencia pública a nivel mundial sobre problemas relacionados con el cambio climático.

³ El Centro Regional de Información sobre Desastres (CRID) iniciativa patrocinada por seis organizaciones que decidieron mancomunar esfuerzos para asegurar la recopilación y disseminación de información disponible sobre el tema de desastres en América Latina y el Caribe.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Esclareciendo más conceptos, se verá la información que existe sobre Gestión del Riesgo (GR), específicamente en Colombia. Comenzando GR, se define como “el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. (Ley 1523 de 2012⁴).”

Consecuente emergen los conceptos de Vulnerabilidad, Amenaza y Riesgo, cada uno de ellos definidos de la misma manera por la Ley 1523. La vulnerabilidad se plantea como “susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente”, es decir, es la predisposición a sufrir pérdidas o daños a los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos. La amenaza es un “peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.” Finalizando, el riesgo corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

La norma colombiana nos resalta la relación resultante de riesgo generada por la combinación entre amenaza y vulnerabilidad, de aquí subyace la importancia de comprender estas nociones para no generar discrepancias.

PROCESO DEL CC EN COLOMBIA

Ahora, teniendo en cuenta la temática de gestión del riesgo en Colombia. Esta presenta una evolución considerablemente cuantiosa, que busca generar un equilibrio en el territorio nacional.

Tomando como base el estudio generado por el Banco Interamericano de Desarrollo BID y Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, denominado “información para la gestión de riesgo de desastres”, se destaca a el País como uno de los precursores a nivel latinoamericano en incluir la problemática de desastres y la temática de gestión del riesgo; tratando no solo las repercusiones

⁴ Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



generadas por los fenómenos sino también, implementando la reducción del riesgo mediante medidas de protección y mitigación. Se observa claramente el interés en este tipo de temas al crear el “Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres” (SNPAD)⁵ en 1988, debido a la situación que el país estaba viviendo por esa época. Cabe destacar que en las últimas décadas se ha generado un gran avance en estos temas, “se han logrado niveles importantes de coordinación, especialmente a nivel nacional, pero aún siguen vigentes problemas de desarrollo institucional que deben ser resueltos”. Al interior del SNPAD, se dio una reestructuración y un cambio de enfoque, claro está sin apartarse de su meta original (impedir, mitigar y enfrentar desastres). Afirmaban que en Colombia, no se respondía de manera adecuada a los desastres naturales y no existían herramientas económico-institucionales fuertes para encargarse de la mitigación de impactos, por ello se buscó armonizar y estabilizar las políticas y planes nacionales.

La integración de la problemática generada por el cambio climático, empieza sus cimientos en la ley 164 de 1994 en la cual se aprueba la convención marco de las naciones unidas para el cambio climático, con el objeto de estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático, buscando que el medio ambiente circundante se adapte al CC, se pueda preservar las reservas de alimento a nivel mundial, sin mermar el desarrollo económico. Consecuentemente se destaca la Ley 629 del 2000 por la cual se aprueba el protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, en el cual se establece un seguimiento del objetivo de la ley 162, a fin de analizar las medidas tomadas desde que se aprobó el convenio, hasta la fecha. Con estas normativas se tomaron medidas para proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, previniendo, previniendo y reduciendo en gran medida las dificultades territoriales causadas por el CC y VC. También se resalta la formulación de programas y políticas nacionales, generando inventarios nacionales de afectaciones antropogénicas, invirtiendo en investigación científica e implementación de nuevas tecnologías, todo lo anterior acoplado medidas que controlen y reduzcan detrimentos ambientales, económicos y sociales en todo el País. Seguidamente la integración del CC y VC en los POT comienza a dar frutos en Colombia, al implementar la ley 388 de 1998⁶ dando grandes avances en temas de gestión del riesgo. Sin embargo, el cambio en los usos del suelo y las alteraciones en el territorio nacional causaron que la normativa se

⁵ Ahora “Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres” Es el conjunto de entidades públicas, privadas y comunitarias, de políticas, normas, procesos, recursos, planes, estrategias, instrumentos, mecanismos, así como la información atinente a la temática, que se aplica de manera organizada para garantizar la gestión del riesgo en el país.

⁶ Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 (por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones), y la Ley 2 de 1991 (por el cual se modifica la Ley 9 de 1989) y se dictan otras disposiciones.



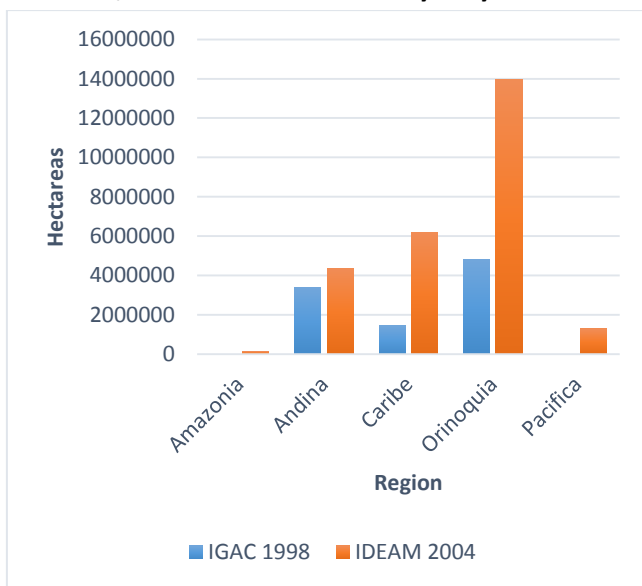


V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



viere rezagada ante los diferentes fenómenos climáticos se presentaban. La dinámica actual del País había sido impactada al punto de generar un desequilibrio sistémico a gran escala; generando afectaciones en ríos y humedades, aumentando la degradación de cuencas, pérdida de fauna y flora, contaminación ambiental e incidencias antrópicas en ámbitos de minería, agricultura y ganadería. Sumado a esto, factores como la deforestación habían influenciados en gran medida la susceptibilidad a inundaciones y deslizamientos, datos alarmante de más de 2 millones de hectáreas perdidas con un índice de deforestación mayor a 330 mil ha/ año, cosa se ponía en entre dicho la gestión del territorio y la política nacional en este clase de procesos⁷. Los procesos de reforestación no daban cabida y eran insuficientes⁸; las áreas sembradas eran menores y los procesos no se concentraban en el control de la erosión (Grafico 1).

Grafico 1, Cambio de erosión alta y muy alta



Fuente: Elaboración propia de Banco Mundial, 2006 a partir de IGAC, 1988 e Ideam, 2003, Finalmente en la Ley 1523 De 2012, se da prioridad a el riesgo como base fundamental en la protección de las personas y su calidad de vida, se plantea la reducción del riesgo con medidas intervención prospectiva, correctiva y de protección financiera a desastres y desarrollando procesos de manejo de desastres enfocados en respuesta y la recuperación a fenómenos , también se le da un

⁷ En Colombia la normativa ambiental para bosques data de más de 50 años de vigencia, iniciadas por el Decreto 1454 de 1942, análisis de gestión del riesgo en Colombia.

⁸ Los proyectos de reforestación se han concentrado en la protección de cuencas y no en controlar la erosión. Caldas, Antioquia y Cundinamarca están dentro de las regiones que han invertido en el control de la erosión por décadas.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



hincapié a la adaptación por el cambio climático, creando el Comité Nacional para la reducción del riesgo integrando el riesgo y el CC y VC

DESCRIPCION DEL PLAN NACIONAL PARA LA ADAPTACIÓN DEL CC

“Colombia es un País con una alta vulnerabilidad al cambio climático, por sus características físicas, geográficas, económicas, sociales y de biodiversidad, lo que implica que para el País, es de vital importancia generar la capacidad de entender las consecuencias que denotan los cambios en el clima, evaluando las amenazas sobre las comunidades vulnerables, previendo los impactos sobre los territorios, ecosistemas y economías , moderando los daños potenciales, tomando ventaja de las oportunidades y enfrentando las consecuencias de un fenómeno como el cambio climático y sus impactos para el País.”(MIN AMBIENTE, 2015), bajo estas consideraciones se establece el Plan Nacional para Adaptación del Cambio Climático (PNACC), instrumento fundamental en la implementación de estrategias, políticas y lineamientos para ser articulados durante el proceso de formulación de los planes sectoriales y territoriales de adaptación, el plan busca reducir el riesgo y los impactos generados por las alteraciones climáticas, integrando recursos humanos, tecnológicos y económicos; mejorando de esta manera la información y su disponibilidad, para que en asociación con los diversos entidades gubernamentales, sectores económicos y la población logren trabajar de manera sinérgica, con el propósito particular de adaptar el territorio nacional a la problemática desplegada por el CC y la VC.

Realizando un análisis progresivo de la temática planteada, este plan se establece bajo cuatro secciones (Tabla 1) de gran implicación en la planificación territorial; teniendo en cuenta determinantes y proyecciones climáticas, así como la vulnerabilidad de los ecosistemas, poblaciones y sectores productivos proporcionando una estabilidad social y económica. El plan sentará bases conceptuales y metodológicas para que en toda Colombia se establezca primordialmente el CC y la VC. Se resalta la responsabilidad que debe tener el plan al aumentar la capacidad de adaptación y adelantar medidas de reducción de los efectos de gas invernadero.

Tabla 1 Descripción del PNACC

Fases del Plan
Fase1 Conceptual Metodológica (2012)





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



- Bases conceptuales y metodológicas para la adecuada selección y diseño de las intervenciones encaminadas a reducir el riesgo y los impactos socioeconómicos asociados al CC y a la VC.

- Marco conceptual conjuntamente acordado, protocolos sectoriales y territoriales para la medición del riesgo climático, hojas de ruta que orientarán a los sectores y territorios acerca de los pasos a seguir en el proceso de formulación de sus propios planes, y metodologías para priorizar las medidas de adaptación identificadas.

Fase2 Acompañamiento (2013-2014)

- Acompañamiento por parte de DNP, el MADS, el IDEAM y la UNGRD a sectores y territorios en la formulación de sus respectivos planes de adaptación (según insumos generados en Fase I).

- La formulación del PNACC y de los planes sectoriales y territoriales deberán darse en el marco del SISCLIMA. Así como los planes de adaptación nacional y sectorial deberán ser aprobados por el CONPES (Artículo 217 de la Ley 1450 del 2011).

Fase3 implementación 2012→

- Implementación de las políticas, programas y proyectos priorizados a escala nacional por el PNACC.
- Apoyo a los sectores y territorios para la implementación de las acciones consignadas en sus





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



propios planes.

Fase4 Monitores, reporte y verificación 2014→

- Documentación sistemática de los avances, éxitos, lecciones aprendidas y debilidades de las intervenciones con el fin de realizar los ajustes necesarios.
- Uso de los mecanismos dispuestos por SISCONPES como apoyo a los procesos de monitoreo, reporte y verificación (teniendo en cuenta que el plan nacional y los planes sectoriales

Fuente: Elaboración propia, a partir de Departamento Nacional de Planeación. DPN

AFECTACION DE LA VC EN COLOMBIA

Ciclo ENOS

La tendencia progresiva en los registros meteorológico del País han mostrado paulatinamente un efecto domino en la amplificación de las afectación en asentamientos humanos, en gran proporción por inundaciones, deslizamientos, sequias e incendios. El Ciclo conocido como El Niño - Oscilación del Sur – ENOS⁹ ha causado durante las últimas décadas perturbaciones sobre la circulación atmosférica global y sus implicaciones socioeconómicas y ambientales se denotan en todo el planeta. Estos fenómenos se han presentado 15 veces el Niño y 13 la Niña (Grafico 2) en Colombia.

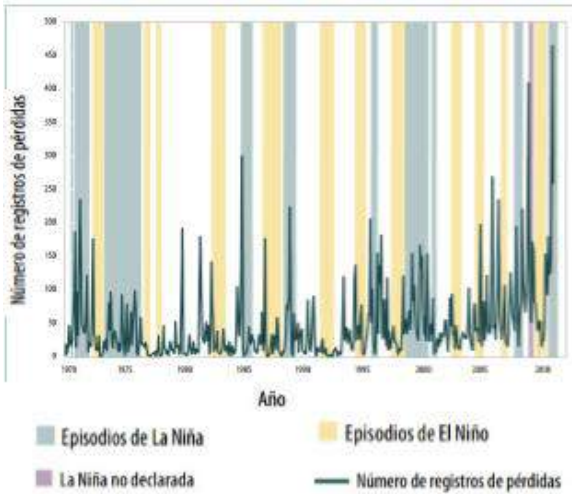
Grafico 2 Evidencia del Ciclo ENOS

⁹ Se denomina ciclo ENOS a la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) que de lo normal en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. SIAC





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Fuente: Análisis del riesgo en Colombia, 2001 a partir de Corporación OSSO, 2011 a partir de NOAA, 2011 y Corporación OSSO-EAFIT 2011

El fenómeno se evidencia dada la VC en la franja tropical del océano Pacífico, impactando considerablemente nuestro País, produciendo épocas de invierno y sequía pronunciada, amplificando el riesgo considerado típico en zonas vulnerables.

Caso ola invernal 2010-2011

La temporada invernal dada en los años 2010-2011, se estableció como una de las crisis nacionales más apremiantes. La afectación causada por el fenómeno de la niña fue catalogada como “el peor invierno de la historia”¹⁰; calificativo dado por Ricardo Lozano, director del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.

El fenómeno comenzó su proceso de formación cuando las temperaturas del océano Pacífico empezaron a disminuir considerablemente, presentando anomalías para Julio de 2010 con temperaturas de -0.5°C, para septiembre el fenómeno se fortalecía mostrando temperaturas de -1.5°C y para finales del año había alcanzado su etapa de madurez (Imagen 1), la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica NOAA¹¹, cataloga este fenómeno como fuerte y establece que es uno de los seis acontecimientos más importantes de este tipo, coincidiendo categóricamente con la apreciación

¹⁰ Artículo de la Revista Semana, octubre de 2010

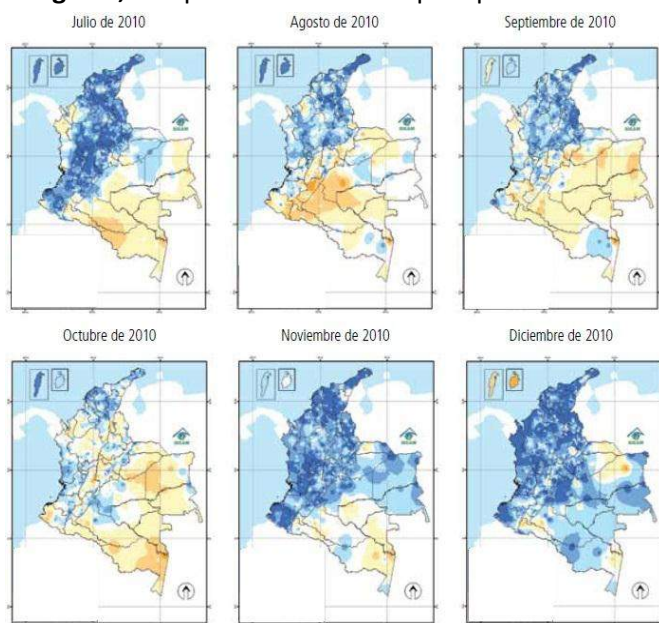
¹¹ Por sus siglas en inglés National Oceanic and Atmospheric Administration, es una agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos cuyas actividades se centran en las condiciones de los océanos y la atmósfera



del Dr. Lozano. Debido al aumento de los meteoros¹² y la VC anómala, el gobierno Nacional declara estado "Emergencia Económica, Social y Ecológica" y la "situación de Desastre", establecida por el artículo 215 de la constitución nacional, para afrontar la grave emergencia por las inundaciones y los deslizamientos que ocasionaron las lluvias en Colombia.

Detallando los eventos de inundaciones y remoción de masa causada por la intensidad de las lluvias que trajo la "niña", se debe preponderar la importancia de la economía y social del País, la cual se vio afectada, teniendo gran influencia en los asentamientos humanos generando pérdidas magnitud considerable.

Imagen 1, comportamiento de las precipitaciones en el año 2010



Fuente: Banco Mundial de IDEAM, 2010

Según datos de CEPAL, las inundaciones se establecieron como las impactantes afectando a todo el territorio nacional (grafico 3), sin embargo los daños viviendas aumentaron como efecto domino en las lluvias y la remoción en masa, destruyendo hogares y dejando afectadas a miles de personas

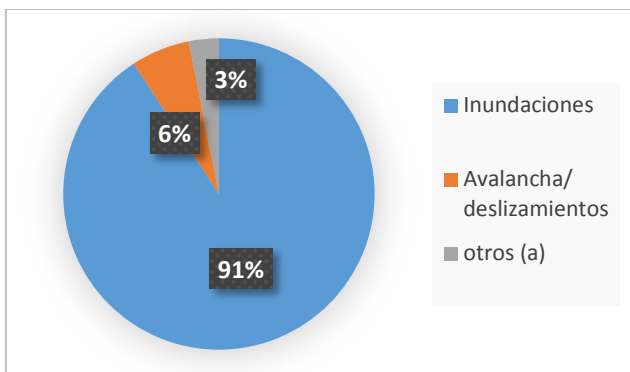
Grafico 3 Descripción del porcentaje de pérdidas por evento

a) Porcentaje de personas afectadas por evento

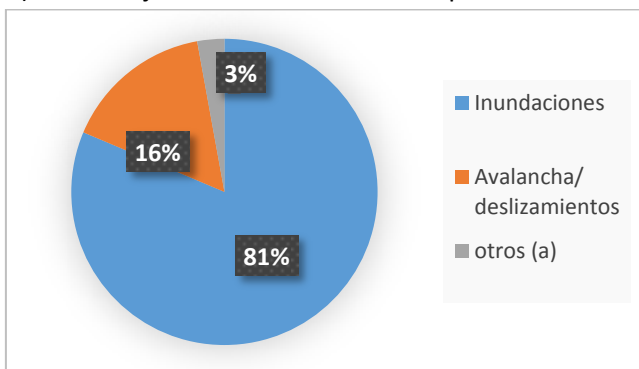
¹² Según la RAE se definen como Fenómenos atmosféricos, que puede ser aéreo, como los vientos, acuoso, como la lluvia o la nieve, luminoso, como el arco iris, el parhelio o la paraselene, y eléctrico, como el rayo y el fuego de Santelmo



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



b) Porcentaje de viviendas afectadas por evento

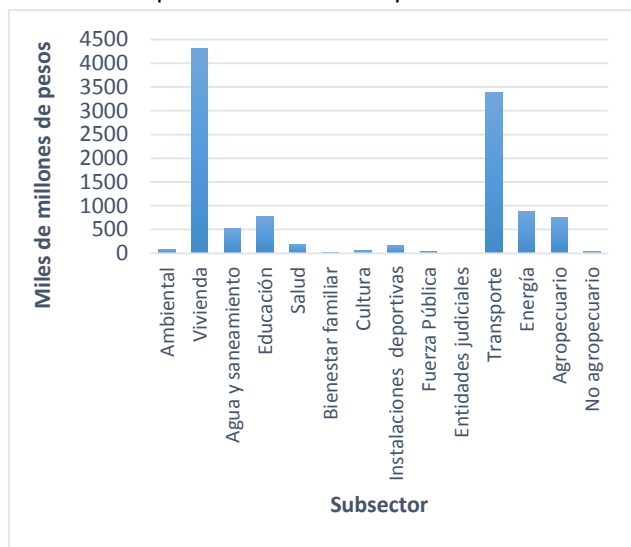


Fuente: Elaboración Propia de CEPAL, 2010

En la parte económica el valor total de los daños ascendió a la suma de 11.2 billones de pesos (Grafico 4), cifra poco despreciable. Se destaca el sector hábitat (ambiental, vivienda y agua y saneamiento) con un 44% e infraestructura (Educación, Salud, Bienestar familiar, Cultura, etc.) con un 38%; le siguen los de servicios sociales y administración pública (transporte y energía) con un 11% y los Sectores productivos (agropecuario y no agropecuario con un) (7%).



Grafico 4 Representación de las pérdidas económicas en el País



Fuente: Elaboración propia de cálculos de la Mision bid-Cepal,

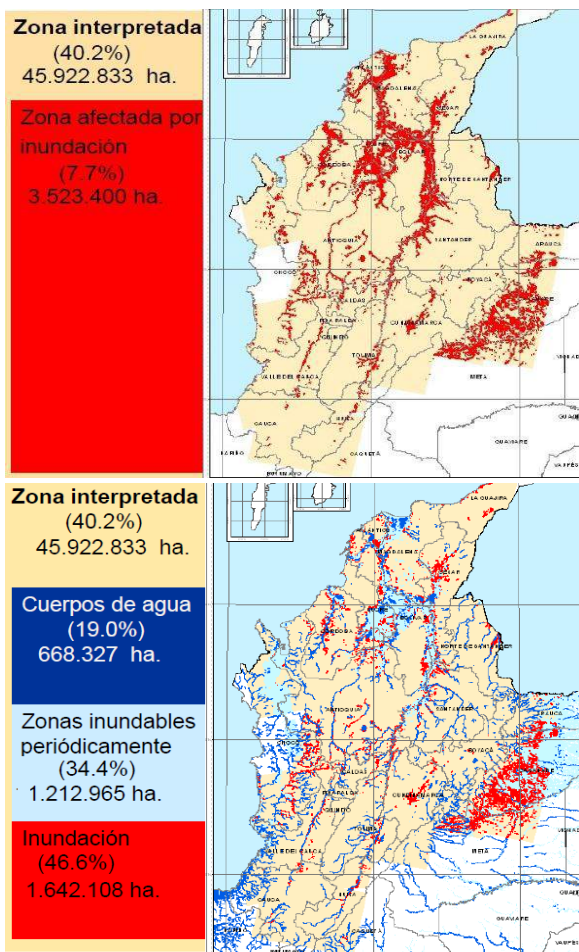
Viendo el desarrollo gigante que mostró el fenómeno, el gobierno Colombiano integro de manera multidisciplinaria a el IGAC, el IDEAM y el DANE en agosto de 2011, para elaboran el “Reporte final de las áreas afectadas por inundaciones 2010-2011”, en él se realiza un análisis de las zonas afectadas por inundaciones mediante mapeo y una serie de tablas y gráficos, del mismo modo contrasta información recolectada en la línea base de 2001, al final evalúa desde diferentes perspectivas el desarrollo que tuvieron las afectaciones en el País.

En este informe nos muestra un mapeo de las zonas afectadas: la diversidad de zonas hídricas en estudio, el comportamiento de las zonas propensas a inundaciones y las zonas directamente implicadas a la anomalía generada por el fenómeno de la niña (Imagen 2)

Imagen 2. Zonas afectadas por inundaciones causadas por el fenómeno de la niña



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Fuente: IGAC 2011, en Reporte de áreas afectadas por inundaciones, 2011

Ahora teniendo en cuenta la información del informe presentada en tablas descriptivas, en las cuales se consideran las áreas impactadas de cada departamento¹³ y contrastando la denominada línea base de 2001 con la información recolectada sobre las inundaciones dadas en el periodo 2010-2011, se logra apreciar el impacto no esperado en todo el territorio nacional, en especial en la región caribe y la región andina, (grafico 5) superando el área específica de acción esperada.

Grafico 5 Comparación entre los análisis de la línea base nacional y el impacto causado por el fenómeno de la niña

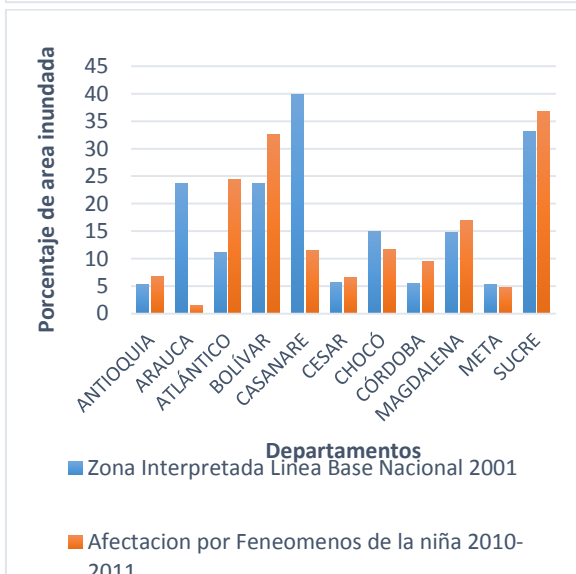
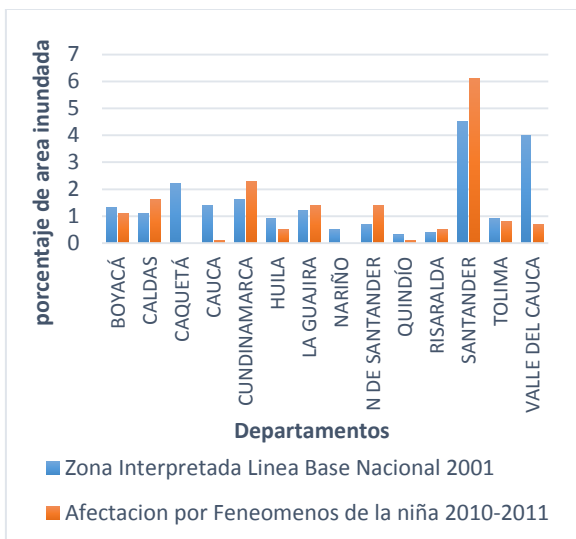
¹³ El estudio se realizó a 25 departamentos del País.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



FUENTE: Elaboración propia a partir del reporte de áreas afectadas por inundaciones 2011.

Resaltando que aunque en estas partes del territorio existía ya un precedente de información y un análisis ya establecido, el grado de afectación fue tal que superó la barrera crítica en muchos departamentos, como Santander, Atlántico, Magdalena, entre otros. Destacando importancia en la evaluación territorial, para estudios futuros en pro de atenuar, prevenir y mitigar impactos generados por esta clase de eventos.

Otro mecanismo implementado fue la “Valoración de daños y pérdidas Ola invernal en Colombia 2010-2011”, en trabajo conjunto entre el Banco Interamericano de Desarrollo – BID y Comisión Económica





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



para América Latina y el Caribe – CEPAL, en este se plasma la descripción de los eventos desarrollados en la presencia de la niña, cuantificando arduamente los daños económicos y sociales y evaluando el impacto macroeconómico generado, este estudio tuvo la participación de todas las entidades gubernamentales más importantes del País (DANE, IDEAM, DPN, IGAC y DGR) de modo que se buscó tener un enfoque holístico sin dejar cabos sueltos siendo teniendo una visión más completa del impacto del evento, de las magnitudes y extensión en tiempo y espacio estableciendo un lineamiento base para la formulación de políticas Nacionales.

Denotando que el 75% de la población colombiana se asienta en la región andina (Ideam 2010), detallando la amenaza y vulnerabilidad generada por fenómenos de remoción en masa (Imagen 3) y considerando la información del análisis para la gestión del riesgo en Colombia (tabla 2), en la que se estudian los cuatro departamentos más afectados del País, contrastando un periodo “neutro” y el periodo mismo del fenómeno, se afirma en reciprocidad con el Ideam que el grado de afectación por este tipo de eventos es significativo, en presencia de alteraciones climáticas, debido al aumento considerablemente de la categorización del riesgo, fluctuando significativamente de categorías bajas a altas y muy altas, observando una variación atípica en las condiciones del territorio y mostrando un aumento progresivo de la problemática de deslizamientos

Tabla 2 Variación en la amenaza de deslizamiento en el trimestre octubre - diciembre de 2010

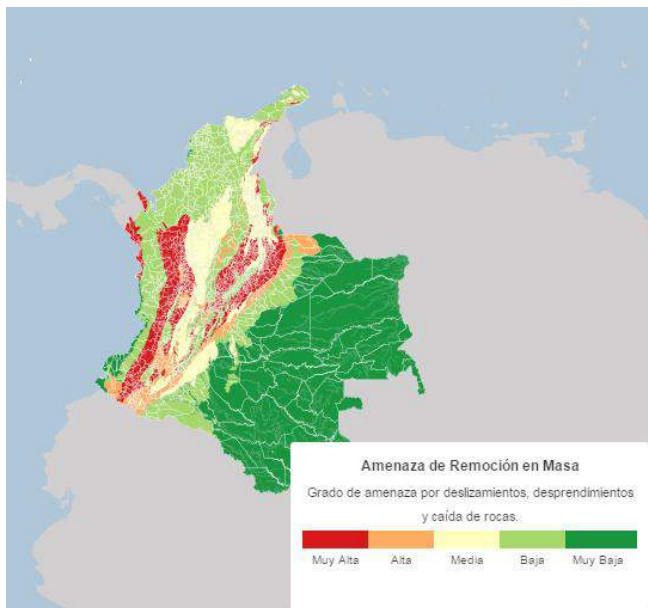
Caldas	Muy baja	42.2	35	-7.3
	Baja	28.6	23.9	-4.8
	Moderada	18.4	12.8	-5.6
	Alta	10.5	22.6	12.1
	Muy Alta	0.2	4.8	4.6
Choco	Muy baja	80.2	65.8	-14.4
	Baja	11.9	20.5	8.6
	Moderada	5.1	5.7	0.6
	Alta	2.6	5.5	2.9
	Muy Alta	0.2	2.6	2.4
Norte de Santander	Muy baja	75.5	45.6	-29.9
	Baja	14.6	19.3	4.7
	Moderada	5.9	20.4	14.4
	Alta	3.1	15.2	12.1
	Muy Alta	0.9	2.6	1.6



Santander	Muy baja	78.7	63.0	-15.7
	Baja	12.8	18.6	5.9
	Moderada	5.5	11.7	6.1
	Alta	2.8	5.4	2.6
	Muy Alta	0.2	1.3	1.1

Fuente: Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia de Ideam 2010

Imagen 3 Mapa de deslizamientos en Colombia



Fuente: Instituto colombiano de geología y minería, Ingeominas

CONCLUSIONES

El cambio climático se establece como un gran problema a nivel nacional e internacional, su estudio ha sido llevado de la mano por múltiples teóricos e investigadores que han defendido su punto de vista sobre el impacto que genera actualmente. En Colombia, un País tan vulnerable a las afectaciones



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



generadas por este tipo de fenómenos, y con normativa limitada, es indispensable que absolutamente todos los programas, políticas, proyectos y planes nacionales tengan en consideración los cambios climáticos como catalizadores y gestadores de riesgo natural y antrópico.

Los impactos económicos y la afectación social dependen de la unión de tres factores significativos, el grado de exposición, la vulnerabilidad y la intensidad del evento; haciendo hincapié en la tendencia actual de fenómenos climáticos y las alteraciones hidrometeorológicas, teniendo en cuenta las alteraciones climáticas que pueda ser función del riesgo en la problemática estipulada en los PTOS, Debido a la situación actual del País, es fundamental que se establezcan medidas para la disminución de impactos potencializados por los efectos del cambio climático y la variedad climática, estableciendo un control continuo y monitoreo detallado de características sustanciales, para comprender el comportamiento de las fluctuaciones climáticas.

Para generar una estrategia adecuada frente a las consecuencias del cambio climático, es necesario establecer bases fundamentadas con respecto a la situación territorial específica para cada área de estudio, pues si bien las características regionales generar una amalgama de resultados muy idénticos, la evaluación del riesgo debe establecerse de manera precisa y eficaz, pues cualquier complicación confrontaría un riesgo considerable en la sociedad Colombiana.

BIBLIOGRAFIA

- Banco Interamericano de Desarrollo, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2012). "Valoración de daños y pérdidas Ola invernal en Colombia 2010-2011", Bogotá D.C.
- Banco Interamericano de Desarrollo, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2012). "Información para la gestión del riesgo de desastres estudios de caso de cinco países: caso Colombia", Bogotá D.C.
- Banco Mundial Colombia (2012). "Análisis de la gestión de riesgo en Colombia un aporte para la construcción de políticas públicas" Bogotá D.C.
- Departamento Nacional de Planeación. (2012) "Plan nacional de adaptación al cambio climático" (2010-2014). Bogotá D.C.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2015) "Anexo B. Glosario de términos" (2010).
- López F. (2002), El análisis de contenido como método de investigación, Revista de Educación, Universidad de Huelva, 167-170, 173-174.
- Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo sostenible. (2015) "Cambio climático y variabilidad climática: ¿por qué incluirla en su propuesta de gobierno?" Bogotá D.C
- El Centro Regional de Información sobre Desastres 2015. Variabilidad climática y CC (2010, 22 de +julio). [En línea] Disponible en <http://cambioclimatico.cridlac.org/gestion-del-riesgo/cc-en-detalle/variabilidad-climatica-y-cc>.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Ley 164 (1994, 28 de octubre). [En línea]. Colombia. Congreso de la Republica. Disponible en:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21970>

Ley 629 (2000, 27 de diciembre). [En línea]. Colombia. Congreso de la Republica. Disponible en:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21971>

Ley 1523 (2012, 24 de abril). [En línea]. Colombia. Congreso de la Republica. Disponible en:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=47141>

Ley 388 (1997, 18 de julio). [En línea]. Colombia. Congreso de la Republica. Disponible en:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>

Piñuel J. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido, Estudios de Sociolingüística, 2-5.

Revista Semana (2010, 10 de diciembre). El peor invierno en la historia de Colombia. Nación [en línea].

Disponible en <http://www.semana.com/nacion/articulo/el-peor-invierno-historia-colombia/125720-3>

Rodríguez C. (2009). Ordenamiento Territorial y Gestión del riesgo, maestría en dirección y gestión pública local, curso de experto/a en dirección y gestión pública local, 2-12, 59-64.

Sistema de Información Ambiental de Colombia (2015).” reporte final de áreas afectadas por inundaciones 2010 –2011”, Bogotá D.C.

NORMATIVA SOBRE LAS AREAS DE INTERES ESTRATEGICO EN COSTA RICA.

Raúl Eduardo Jácome Torrado¹⁴, Jorge Luis Figueredo Pan¹⁵

Nathalie Hernández Pérez¹⁶ Carlos Augusto Castellanos Arévalo¹⁷

Universidad de Pamplona

Colombia

¹⁴ Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

¹⁵ Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

¹⁶ Programa de Economía, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.

¹⁷ Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



RESUMEN

Las áreas de interés estratégico son geográficamente designadas, reguladas y administradas para alcanzar objetivos específicos de conservación (Decreto 2372 de 2010), por esta razón es un tema de interés mundial y la normativa de cada Estado sobre dicho tema es de suma importancia para lograr este propósito. Con base en lo dicho anteriormente, se consultó la legislación sobre áreas protegidas en Costa Rica, debido a que este país es pionero en la conservación de los recursos naturales.

Esta figura de área protegida presta muchos servicios ecosistémicos, uno de ellos es el turismo sostenible. Este tipo de turismo en Costa Rica es usado como una herramienta para fortalecer la gestión sostenible, y de esta manera contribuir al desarrollo socio-económico local y a la conservación de los recursos naturales.

Teniendo en cuenta esta revisión bibliográfica se concluye que estas áreas de interés estratégico es vital para la protección de los recursos naturales que tiene el país.

Palabras Claves: Conservación, áreas de interés estratégico, turismo sostenible, Servicios ecosistémicos.

Abstract

The areas of strategic interest are geographically designated, regulated and managed to achieve specific conservation objectives (Decree 2372 of 2010), therefore it is an issue of global concern and the regulations of each state on this issue is of utmost importance to achieve this purpose. Based on the above, the legislation on protected areas in Costa Rica was consulted, because this country is a pioneer in the conservation of natural resources.

This figure of protected area provides many ecosystem services, one of which is sustainable tourism. This type of tourism in Costa Rica is used as a tool to strengthen the sustainable management, and thus contribute to local socio-economic development and conservation of natural resources. Given this literature review it concludes that these areas of strategic interest are vital for the protection of natural resources that the country has.

Keywords: Conservation areas of strategic interest, sustainable tourism, ecosystem services.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas son las zonas más importantes de un país, y eso es debido a que en ellas radica el presente y el futuro de las poblaciones cercanas que utilizan esas áreas para satisfacer sus necesidades, es debido a esto que las áreas protegidas necesitan un manejo especial para garantizar su supervivencia.

Cada país es autóctono de conformar su legislación ambiental con el fin de proteger estas zonas estratégicas, en esta investigación se estudio las diferentes normativas tomadas por Costa Rica debido a que este país es uno de los que cuenta con una estricta normativa que garantiza la protección de estas áreas.

METODOLOGIA

Este escrito tiene el propósito de dar a conocer aquellas normativas que rigen en Costa Rica con respecto a áreas de interés estratégico, para eso se realizó una investigación bibliográfica sobre aquellas normas y entes nacionales encargados en dicho tema.

Dentro de la investigación se encontró algunas organizaciones encargadas en la parte ambiental, como es el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAC)¹⁸, de igual manera el Convenio sobre la diversidad Biológica, seguido a esto se procedió a realizar una revisión bibliográfica en la cual se conto con una gran cantidad de artículos científicos, material de páginas web y periódicos.

Estas fuentes fueron primordiales para obtener una información veraz y confiable y poder mostrar y tomar como ejemplo el modelo y el trato que se les brinda a las áreas protegidas en Costa Rica.

3.1 HISTORIA

Costa Rica es un país pequeño situado en la América Central con una superficie de 51.100 km² tan solo mayor que El Salvador y Belize, pero, desde muchos puntos de vista, es un gran destino para el visitante. Tiene una diversidad de especies animales y vegetales característicos de la zona intertropical que responden a la ubicación del país de acuerdo con las coordenadas geográficas que es entre los 8° 02' 26" y los 11° 13' 12" al norte del Ecuador y los 82° 33' 48" al oeste de Greenwich. Costa Rica por su posición ístmica significó un puente biológico y cultural que permitió el encuentro de especies forestales y animales, así como de culturas del norte y del sur del continente. En cuanto a su formación geológica el país forma parte de las tierras jóvenes de América.

ANTECEDENTES

¹⁸ El SINAC es la mayor autoridad en la conservación de áreas protegidas en Costa Rica.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



Costa Rica a nivel mundial se muestra como un país comprometido con el medio ambiente, por eso a finales del siglo XX ha adoptado un sentido de pertenencia con la conservación de las áreas protegidas, se hace referencia al Convenio sobre la Diversidad Biológica, en el cual Costa Rica firmo y ratifico su compromiso en la Cumbre de la Tierra celebrada en Rio de Janeiro en 1992. Por tanto, en la Ley de Biodiversidad N° 7788 de 1998 en el artículo 22 se constata la creación del SINAC y por ende se cumple lo estipulado en el artículo 6 del Convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual dice: “Elaborará estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adaptará para ese fin las estrategias, planes o programas existentes, que habrán de reflejar, entre otras cosas, las medidas establecidas en el presente Convenio que sean pertinentes para la Parte Contratante interesada”.

CONCLUSION

Luego de realizar la revisión bibliográfica de la normativa vigente en Costa Rica para conservar las áreas estratégicas se logro entender porque es uno de los pioneros en la conservación ambiental, debido a que encuentran en la ley una herramienta primordial para garantizar la supervivencia de estas zonas y no solo se centran en conservarlas se preocupan por mejorar sus condiciones constantemente y es por ende que muchos países han fijado sus ojos en Costa Rica para obtener una guía en la elaboración de su normativa ambiental.

BIBLIOGRAFIA

Naciones Unidas (1992). Convenio sobre la Diversidad Bilógica

La asamblea legislativa de la República de Costa Rica. Ley de la Conservación de la Vida Silvestre N°7317. Costa Rica

La asamblea legislativa de la República de Costa Rica (1998). Ley Orgánica del Ambiente N°7554. Costa Rica.

La asamblea legislativa de la República de Costa Rica. Ley Forestal. Costa Rica.

La asamblea legislativa de la República de Costa Rica (1997) Ley de Servicios de Parques Nacionales. Costa Rica.

FLUJO DE VEHICULOS DE CARGA PESADA POR LA VIA NACIONAL EN PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER

FLOW OF VEHICLES OF LOAD WEIGHED BY THE NATIONAL ROUTE IN PAMPLONA, NORTH OF SANTANDER





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



John Caballero Hernández^{1,**}, Brandon Enrique Montoya^{1,*}, Nathalie Hernández Perez², Carlos Augusto Castellanos³

¹Estudiante de Ingeniería Ambiental 8° Semestre, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.

²Coordinadora Semillero Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.

³Tutor Semillero Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.

[*bemon92@hotmail.com](mailto:bemon92@hotmail.com)

[**joca95@hotmail.com](mailto:joca95@hotmail.com)

Resumen

Las vías nacionales 55 y 66 son de gran importancia social y económica para Colombia, pues comunican al País con Venezuela y a su vez al departamento de Norte de Santander con el centro del País. Estas vías pasan por el interior del municipio de Pamplona, circulando por ellas gran cantidad de flujo vehicular que conlleva a externalidades ambientales negativas consecuencia de las fuentes móviles por la cantidad de emisiones atmosféricas generadas por la combustión, entre ellas el smog fotoquímico y gases de efecto invernadero como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y metano (CH₄), entre otras.

Las externalidades son el deterioro del patrimonio paisajístico, de las vías y algunos efectos adversos sobre la salud humana como problemas respiratorios y auditivos que están respaldados por estudios científicos, debido a que todo tipo de transporte ya sea pequeño, mediano o pesado por obligación transita directamente por esta comunidad. La mayor influencia de contaminación sobre este impacto lo tiene el transporte pesado que transita por estas vías nacionales, razón por lo que el objeto de esta investigación fue determinar la densidad de flujo de vehículos de carga pesada, utilizando el método de medición sistemática o censo. El censo se basó en características de número de ejes para su clasificación según el formato de INVIAS para la validación de la recolección de datos, realizado en un tiempo de 8 días continuos que arrojó un total de 9463 vehículos de carga pesada.

(Resumen: Arial. 9pt, justificado).

Palabras Clave: **Emisiones por fuentes móviles, carga pesada, externalidades ambientales, vías nacionales**

Área temática:

Abstract

The national routes 55 and 66 perform great social and economic importance for Colombia, since they report to the Country with Venezuela and in turn to the department of North of Santander with the center of the Country. These routes happen for the interior of the municipality of Pamplona, circulating along them great





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



quantity of traffic flow that carries to externalidades environmental denials consequence of the mobile sources for the quantity of atmospheric emission generated by the combustion, between them the photochemical smog and greenhouse gases as carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO) and methane (CH₄), between others.

The externalidades are the deterioration of the landscape heritage, of the routes and some adverse effects on the health humanizes as respiratory and auditory problems that are endorsed by scientific studies, due to the fact that all kinds of transport already is small, medium or weighed by obligation it passes directly along this community. The major influence of pollution on this impact it has the heavy transport that passes along these national routes, reason for what the object of this investigation was to determine the density of flow of vehicles of heavy lift, using the method of systematic measurement or census. The census based on characteristics of number of axes for his classification according to the format of INVIAS for the validation of the compilation of information, realized on a time of 8 constant days that it threw a total of 9463 vehicles of heavy lift.

Keywords: Emission for mobile sources, heavy load, externalidades environmental, national routes

INTRODUCCIÓN

La vía 55 (troncal del norte) que comunica al municipio de Pamplona con las ciudades de Bogotá y Cúcuta; y la vía 66 (transversal) que comunica a Pamplona con la ciudad de Bucaramanga, representan corredores importantes para el transporte en el País. Por estas vías y debido a la gran actividad antropogénica económica y de desarrollo transita gran cantidad de vehículos de carga pesada que de una u otra forma tiene gran relevancia en diversos problemas ambientales que pueden afectar las áreas circundantes a su paso. Este tipo de tráfico pesado que se caracteriza por ser camiones pequeños y grandes y poseer un número igual o superior a 4 ejes (INVIAS, 2008). Lo anterior es la principal causa de que en el País la contaminación atmosférica se haya constituido en uno de los principales problemas ambientales (Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) por las emisiones provenientes de la quema de combustibles, aun así algunos tipos de combustibles fósiles como la gasolina ya no contengan plomo y se hayan tomado algunas medidas al respecto para disminuir su impacto en el medio se siguen generando gases efecto invernadero como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), ozono troposférico (O₃) y otros gases tóxicos que afectan la salud humana a lo cual Pamplona está expuesta, exponiendo niños, y la población en general, también los paisajes, la calidad del aire y el deterioro de la infraestructura.

MATERIALES Y MÉTODOS





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNTO AL CAMBIO CLIMATICO**
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Esta investigación se implementó una metodología cuantitativa realizando un conteo o censo de los vehículos de carga pesada como lo son los camiones (grandes o pequeños) y las mulas o vehículos extra grandes (4, 5, 6 o 36 ejes).

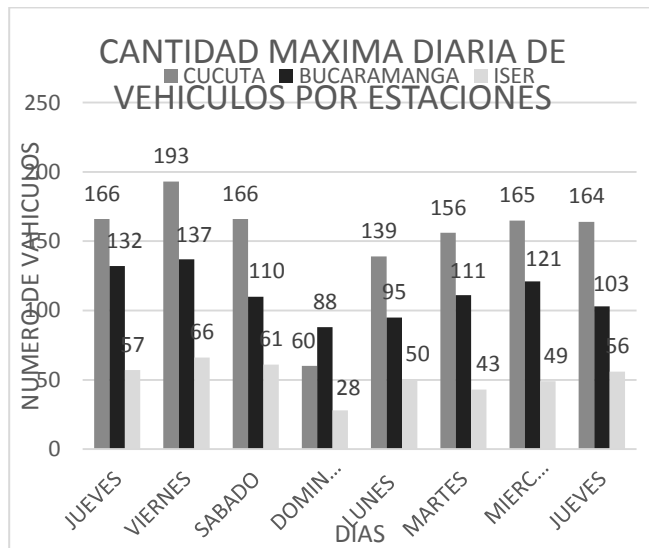
Se utilizó un formato de medición del flujo vehicular avalado por INVIAS para la certificación del estudio, de esta manera la investigación se realizó en un total de 8 días las 24 horas continuas tomándose intervalos de 4 horas (12:00 am a 4:00 am, 4:00 am a 8:00 am, 8:00 am a 12:00 pm, 12:00 pm a 4:00 pm, 4:00 pm a 8:00 pm y 8:00 pm a 12:00 am), y utilizándose personal de la Universidad de Pamplona para el mismo.

Figura 1. Formato de medición

Fuente: INVIAS

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 2. Cantidad máxima diaria de vehículos por estaciones.





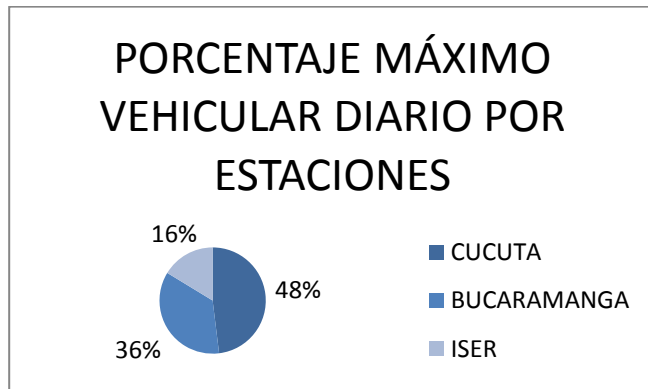
V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Fuente de elaboración propia

De la figura anterior se puede observar la cantidad de vehículos de carga pesada que ingresa diariamente a Pamplona, por las estaciones de Cúcuta, Bucaramanga e ISER, siendo de estas las que más aporta es la estación de Cúcuta con una densidad máxima diaria semanal de 1209 vehículos de carga pesada, presentando su máximo el día viernes con 193 vehículos de carga pesada y su mínimo el día domingo con 60 vehículos, y del total haciendo un aporte del 48% (figura 3) de la densidad vehicular que pasa por Pamplona. Por otro lado se encuentra la estación del ISER que es la que menos densidad vehicular muestra con 410 vehículos de carga censados, presentando su máximo de flujo el viernes con 66 vehículos de carga pesada y su mínimo el domingo con 28 vehículos de carga pesada, que representa del total del flujo un 16% (figura 3). El análisis diario de máximos entre estaciones (figura 2), muestra que la cantidad máxima de vehículos registrada por días se ubica los viernes para todas las estaciones, y el día en que se presenta la menor densidad vehicular es domingo para todas las estaciones aun así se presenta una mayor movilidad en la estación de Bucaramanga con respecto a las demás.

Figura 3. Porcentaje máximo vehicular diario por estaciones.



Fuente de elaboración propia

El aporte porcentual del máximo lo hace la estación de Cúcuta la cual representa el 48% (figura 3) de la movilidad vehicular, una diferencia del 12% con respecto a Bucaramanga y una diferencia significativa con ISER del 32%.

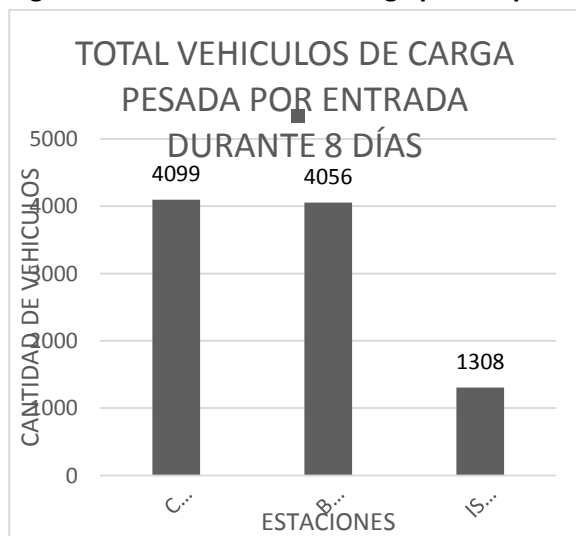




V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Figura 4. Total vehículos de carga pesada por entrada durante 8 días.



Fuente de elaboración propia

La figura anterior muestra que el aporte de Cúcuta y Bucaramanga es similar siendo la diferencia entre ellos de 43 vehículos, y de estas en comparación con la estación ISER es, en promedio, 2769 vehículos semanales por cada estación.

Tabla 1. Cantidad de vehículos de carga pesada por estación.

Estación	Cantidad de vehículos de carga
Cúcuta	4099
Bucaramanga	4056
ISER	1308

Fuente de elaboración propia

En la tabla anterior se muestra la recopilación de las densidad des de flujo vehicular por estaciones durante el muestreo.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Tabla 2. Cantidad máxima diaria de vehículos por estaciones.

Estación	Día	Cantidad máxima vehicular
Cúcuta	Jueves	166
	Viernes	193
	Sábado	166
	Domingo	60
	Lunes	139
	Martes	156
	Miércoles	165
	Jueves	164
Bucaramanga	Jueves	132
	Viernes	137
	Sábado	110
	Domingo	88
	Lunes	95
	Martes	111
	Miércoles	121
	Jueves	103
ISER	Jueves	57
	Viernes	66
	Sábado	61
	Domingo	28
	Lunes	50
	Martes	43
	Miércoles	49
Jueves	56	

Fuente de elaboración propia

CONCLUSIONES

Los aportes de la estación Bucaramanga son constantes durante la semana, ya que esta durante los máximos diarios no representa la comparación con la estación de Cúcuta, como en el total 24/8 que su diferencia alcanza solo el 1%.

La estación de Cúcuta representa el mayor flujo vehicular ya que por esta entran los vehículos al interior del país provenientes de la frontera, de la Capital nortesantandereada y las poblaciones que se benefician de la misma para llevar sus productos a las centrales de abasto al interior del país, para obtener beneficios económicos.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



La estación Bucaramanga muestra la cantidad de vehículos que utilizan la vía 66 con el fin de llevar sus productos a la frontera, Pamplona y la Capital nortesantandereana, esta vía es de vital importancia siendo secundaria para el desarrollo económico de los Santanderes.

Aunque se debe decir que en esta época se presentaron fenómenos naturales influenciados por la actividad antropogénica en la vía 55, por lo cual la estación del ISER representa una baja densidad de flujo vehicular durante el 24/8, donde se hace evidente la importancia de las vías para la comunicación intermunicipal, interdepartamental, nacional e internacional y como la falta de una de ellas puede provocar afecciones en el abastecimiento de algunas regiones y como esta juega un papel importante en la economía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INVIAS 2008, aforos vehiculares, Colombia

Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. 48 p.

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS FIBROSOS DEL FRUTO DE LA PALMA DE ACEITE PARA LA FABRICACIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS.

Ana Arevalo ^{1*}, Diana Villamizar ¹, Bladimir Ramón ¹

1: Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia

* anaceciliaarevalo@yahoo.es

Resumen

La agroindustria de palma de aceite en el mundo tiene un alto potencial en producción de residuos orgánicos, tan solo en Colombia que participa con el 2% en la producción de este rubro en el mundo, con 476.000 ha plantadas, procesando más de 5 millones de toneladas de fruto fresco (RFF), con una producción aproximada de 1 millón de toneladas de aceite crudo, que equivale al 20-22% de RFF. Sin embargo, los mecanismos en Colombia para darle un tratamiento adecuado rentable, ambientalmente sostenible que permita el aprovechamiento de estos desechos orgánicos están aún en proceso.

Por tanto, se propone con el desarrollo del presente proyecto, hacer parte de la formulación de soluciones al sector agroindustrial, a través de la investigación y la innovación, buscando la generación de valor y conocimiento, elevando los niveles de competitividad y productividad.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



El diseño metodológico está estructurado cinco fases que comprenden cada uno de los objetivos específicos. El primero de ellos consiste en un diagnóstico preliminar de todos los usos que tienen actualmente los residuos orgánicos del fruto de palma de aceite. En el segundo objetivo se realizara una caracterización físico-química del residuo de fibra El tercer objetivo, se establecen las variables del proceso de El cuarto objetivo, radica en la caracterización de las propiedades mecánicas, térmicas y morfológicas. El quinto objetivo, se elaborara un prototipo para una aplicación industrial, que dependerá de las propiedades arrojadas en la caracterización. Y por último, se evaluara la viabilidad financiera y económica de la producción a escala industrial del material desarrollado a partir de la fibra, para establecer inversiones, costos de producción y TIR.

Palabras Clave: Residuos orgánicos, caracterización térmica, mecánica, impacto medio-ambiental.

Área temática: sistemas de producción

Abstract

Agribusiness palm oil in the world has a high potential in production of organic waste, only in Colombia participates with 2% in the production of this crop in the world, with 476,000 ha planted, processing more than 5 million tonnes of fresh fruit (RFF), with a production of approximately 1 million tons of crude oil, equivalent to 20-22% of RFF. However, the mechanisms in Colombia to give a proper cost-effective treatment, environmentally sustainable that allows the use of these organic wastes are still in process.

Therefore, it is proposed the development of this project, to be part of the formulation of solutions to agribusiness, through research and innovation, seeking to create value and knowledge, raising levels of competitiveness and productivity.

The methodological design is structured comprising five phases each of the specific objectives. The first is a preliminary diagnosis of all applications that are currently organic waste from the fruit of oil palm. The second objective physico-chemical fiber residue The third objective will be held characterization process variables are established The fourth objective lies in the characterization of the mechanical, thermal and morphological properties. The fifth goal, a prototype for an industrial application, which depend on the properties dropped in characterizing be developed. And finally, the financial and economic viability of industrial scale production of the material developed from fiber, to establish investment, production costs and TIR is evaluated.

Keywords: Organic waste, termal mchanical characterization, environmental impact.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



INTRODUCCIÓN

Las palmas oleaginosas y para el caso del presente estudio la palma africana conocida así popularmente, se considera que presenta una alta eficiencia en la producción de aceites. Se estima que el contenido oleaginoso del fruto (3x3x1,5 cms) es aproximadamente 50 por ciento de su mesocarpio o parte carnosa, la cual recubre una semilla, también rica en aceite; "Se estima que las palmas africanas u oleaginosas producen diez veces más aceite por unidad de cultivo que la soja y cinco veces más que la colza. Se investiga actualmente el genoma de la palma africana, lo cual podría llevar a la modificación de la cáscara que rodea el carozo y favorecería un incremento de la producción oleaginoso a partir de los mismos volúmenes de frutos".

El *Elaeis* ("aceite" en griego), procedente de variedades de palmas, comprende dos especies, ambas llamadas palmas oleaginosas. La *Elaeis guineensis* --originalmente de África Occidental y la principal fuente del aceite de palma y la *Elaeis oleifera* ("productora de aceite"), originalmente de Centroamérica y Sudamérica, crecen ambas en forma silvestre. Las palmas maduras pueden llegar hasta 20 metros de altura, con hojas que pueden medir 5 metros de largo, no tienen ramas. Los árboles comienzan a producir a unos tres años de su siembra, siendo su fruto de color rojizo y crece en grandes racimos o Racimos de Frutos Frescos - RFF (Fresh Fruit Bunches - FFB).

Si bien un árbol puede vivir hasta 50 años, generalmente es reemplazado a los 20-25 años, debido a menores rendimientos y dado que su altura dificulta la cosecha. Las rutinas de trabajo en las plantaciones requieren intensa mano de obra requerida para: establecer la plantación, mantener los árboles y cosechar los frutos. Los cosechadores, por ejemplo, deben cortar el RFF manualmente o usar cinceles y hoces a motor. Aunque las operaciones fabriles exigen menos mano de obra que la explotación agrícola, de todos modos se requiere personal directivo y técnico disponible. Al cosechar, cada RFF puede pesar hasta unos 50 kg y su procesamiento/trituración debe ser realizado pronto tras la cosecha, dentro de un plazo de 48 horas. Por lo tanto, es esencial coordinar la cosecha y el procesamiento, requiriéndose que ambas operaciones se ubiquen cerca geográficamente; es por esto que en Colombia encontramos las plantas extractoras cerca las plantaciones.



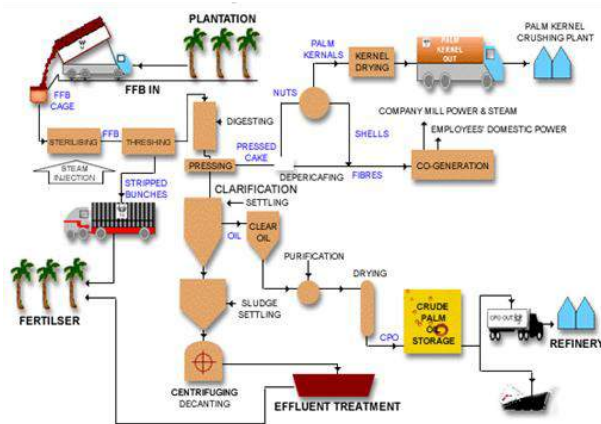


Figura 1. Proceso de Molienda de Aceite crudo de palma.

Existen varios estudios a nivel investigativo sobre el uso de diferentes residuos de la agroindustria en la elaboración de tableros aglomerados de densidad media, es el caso de la, caña de azúcar, algodón [1,2]. Otros residuos de alto contenido de lignina y celulosa; en el caso de residuos de palma se ha encontrado algunos estudios preliminares sobre caracterización y uso de las residuos de la caña brava [3].

En forma general, el procedimiento empleado para la elaboración de tableros aglomerados de partículas a nivel industrial, consiste en:

- Producción de chips o astillas, empleando los troncos de la madera. • Secado de astillas: La humedad puede variar y alcanza valores superiores al 70% antes de entrar al secador.
- Secado: Hasta alcanzar valores alrededor del 10%. • Clasificación por tamaños: Uso de cribas y zarandas. Las partículas más finas son usadas en la capa externa y las más gruesas en la capa interna.
- Impregnación de adhesivo: Los chips se impregnan con una resina urea formaldehído, en la mayoría de los casos, en conjunto con catalizadores y aditivos para disminuir tiempos de prensado, aumentar resistencia a la humedad, mejorar el acabado superficial, etc.
- Formación de colchón o mat: las partículas impregnadas de resina se colocan una sobre otra, sobre una banda sin fin, con el fin de darle forma al tablero.

- Prensado: El tablero es ingresado en una prensa en caliente a una temperatura alrededor de los 180°C, y es sometido a un ciclo de prensado (Presión vs. Tiempo).
- Enfriamiento: Después del prensado los tableros son enfriados progresivamente hasta alcanzar temperatura ambiente. Con esta etapa se pretende evitar que los adhesivos se degraden al estar sometidos a altas temperaturas por tiempos prolongados.



Figura 2. Tableros Aglomerados de Partículas con diferentes calibres

La presente investigación tiene por objetivo desarrollar un nuevo material que permita el aprovechamiento de los residuos orgánicos, que se generan durante el proceso de extracción de aceite crudo de palma de africana (*Elaeis guineensis*), para aplicaciones industriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material seleccionado para la siguiente investigación proviene de los residuos obtenidos del procesamiento de la palma de aceite, específicamente la fibra.

En la tabla 1, se muestran la composición química de los residuos obtenidos para el procesamiento de crudo a partir de la palma de aceite, en donde se aprecia los contenidos de lignina, celulosa, hemicelulosa, lignina y extractivos.

Se observa que lo mayores contenidos está representado por la cantidad de la celulosa, que de acuerdo con la literatura es la principal responsable de la resistencia de los residuo. En este caso el contenido de celulosa para la fibra es del 33%.

Tabla 1. Composición de los residuos de la palma de aceite

RESIDUO	CUESCO	TUSA	FIBRA
PRODUCCION % RFF	5,35	20,94	13,02



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



COMPONENTES C/uno			
Lignina (%)	49,58	10,23	21,79
Celulosa (%)	30,28	44,97	33,21
Hemicelulosa (%)	12,72	19,92	16,58
Extractivos (%)	7,13	19,32	19,34
Poder calorífico superior (KJ/Kg)	21,445	8,16	19,2

En la figura 3, se muestra los residuos de fibra obtenidos en la empresa de procesamiento de crudo a partir de la palma de aceite, siendo la materia prima de la siguiente investigación para la fabricación de aglomerados



Figura 3. Residuos de fibra del procesamiento de la palma de aceite

El proyecto será desarrollado en convenio con la Universidad e Pamplona y la Cooperativa Palmas Risaralda Ltda. (COOPAR Ltda.), que posee una planta extractora para el beneficio de la fruta en el Municipio El Zulia, sector la Y vía Tibú, Norte de Santander.

Para el desarrollo de la propuesta de investigación se propone la siguiente metodología como se muestra en la figura 4.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Figura 4. Esquema de la metodología para el desarrollo del proyecto

Diagnostico preliminar de los usos actuales de los residuos de palma de aceite. Esta primera etapa consiste en realizar una revisión a partir de fuentes bibliográficas como: libros, artículos y trabajos de fin de master que nos permitan poner en contexto, el estado actual a nivel regional, nacional e internacional del tratamiento y el uso de los residuos orgánicos obtenidos a partir del procesamiento de fruto de palma de aceite. De igual forma, identificar el impacto medio-ambiental ocasionado por esta clase de desechos para buscar soluciones alternas planteadas en la siguiente propuesta.

Evaluación de las propiedades físico-químicas del residuo de fibra, bajo la norma estándar ASTM. La evaluación de las propiedades físico-químicas, juegan un papel determinante en el proyecto debido al conocimiento de las cantidades de los componentes que constituyen los residuos orgánicos en particular la fibra. La importancia radica en la sinergia que hay entre la composición y las condiciones del proceso de fabricación, las propiedades mecánicas y la estabilidad térmica del material una vez se haya constituido.

Definición del nuevo material a desarrollar. A partir de la información recolectada y analizada en la

primera etapa, y con base en los análisis químicos realizados al residuo orgánico de la fibra, se formulara un proceso de selección de un (1) uso para generar el nuevo material, aplicando una matriz de criterios ponderados de acuerdo a su grado de importancia; estos criterios serán definidos a partir del estudio detallado de las expectativas del sector; por lo tanto para definir este nuevo material se contará con la participación de un panel de expertos.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Obtención de las propiedades mecánicas y térmicas del nuevo material, empleando técnicas de caracterización normalizadas. El siguiente objetivo ha sido incluido dentro de la estructura de la propuesta para identificar las propiedades mecánicas del nuevo material. Aquí y con la ayuda de equipos especializados se determinarían varios parámetros que comprenden: resistencia del material, rigidez, ductilidad entre otros.

Elaborar un prototipo para una posible aplicación industrial del nuevo material. Para la funcionalidad del nuevo material se tiene en cuenta factores que comprenden las dos etapas anteriores, es decir, el modelo fabricado en la etapa de manufactura, y por otro lado, las propiedades mecánicas y térmicas arrojadas en cada una de las caracterizaciones. Por tanto, la naturaleza del enfoque industrial, se estudiaría con un panel de expertos para determinar la mejor opción de uso y el sector de aplicación.

Análisis económico y financiero del desarrollo del nuevo producto aglomerado a escala industrial. El análisis económico y financiero del proyecto de desarrollo de un nuevo producto a partir de residuos orgánicos del proceso de extracción de palma de aceite, se busca obtener la mejor alternativa para evaluar y determinar la rentabilidad del mismo, mediante la comparación de los flujos positivos (ingresos) con flujos negativos (costos) que genera el proyecto a través de su vida útil, con el propósito de asignar óptimamente los recursos financieros

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Diagnóstico detallado del uso actual de la biomasa residual del proceso de extracción de palma de aceite en la región Norte de Santander y el país, así como un estudio preliminar de las tecnologías utilizadas para el aprovechamiento de la dicha biomasa	Documento	Comunidad Científica, sector agroindustrial de palma de aceite.
Estudio detallado de las propiedades físicas y químicas de la fibra obtenida en el proceso de Extracción de aceite, con	Publicación científica	Comunidad Científica, sector agroindustrial de





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



resultados obtenidos en laboratorios bajo normatividad ASTM, analizados y comparados con los reportados en la literatura.		palma de aceite.
Un nuevo producto aglomerado desarrollado a nivel laboratorio a partir de la fibra de palma de aceite.	Patente.	Comunidad Científica, sector agroindustrial de palma de aceite y empresarios.
Documento que contenga la caracterización térmica, mecánica y morfológica del nuevo material desarrollado.	Publicación científica.	Comunidad Científica, sector agroindustrial de palma de aceite y empresarios.
Prototipo de uso industrial del nuevo material desarrollado a partir de la fibra de palma.	Prototipo.	Comunidad Científica, sector agroindustrial de palma de aceite y empresarios.
Estudio económico y financiero del desarrollo del nuevo material a escala industrial.	Indicadores económicos.	Comunidad Científica, sector agroindustrial de palma de aceite y empresarios.

CONCLUSIONES

Con la siguiente investigación se esperan impactos sociales encaminados en la disminución de uso de maderables para la elaboración de productos aglomerados, reemplazando la madera como materia prima por residuos del proceso de extracción de palma de aceite.

Generación de valor agregado a lo largo de la cadena productiva de palma de aceite contundente a mejorar la calidad de vida de los agricultores de la palma aceite.

Promover el aprovechamiento de los residuos industriales para obtener materiales sostenibles medio-ambientalmente.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Crear sinergias entre el sector productivo de la región y la Universidad de Pamplona que permitan el desarrollo de la región a través de convenios cooperación

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Artículos de revistas:

[1] R. Monteiro de Barros Filhoa, L. Mendesb, Kátia M. Novackc, L. O Aprelinic y Vagner Roberto Botaro (2010), 4.2.2.1. Hybrid chipboard panels based on sugarcane bagasse, urea formaldehyde and melamine formaldehyde resin.

[2] H. Gemci, A. Kucukonder, H. Hale Solak (2011). Investigating sound insulation, thermal conductivity and radioactivity of chipboards produced with cotton waste, fly ash and barite (pp. 826-832). Turkey: The University of K.Maras.

[3] W. Contreras, Mary. E. Owen, D. A. Garay, Yoston Contreras, (1999) Elaboración de Tableros Aglomerados de Partículas de Caña Brava (*Gynerium sagittatum*). Rev. Forest. Venez. 43(2) 1999, 129-135

Y ADHESIVO UREA-FORMALDEHÍDO

SERVICIOS ECOSISTEMICOS DE LOS HUMEDALES

**Karen Yizelth Anzueta Puerta¹⁹, Jorge Luis Figueredo Pan²⁰
Nathalie Hernández Pérez²¹ Carlos Augusto Castellanos Arévalo²²
Universidad de Pamplona
Colombia**

RESUMEN

¹⁹ Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

²⁰ Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

²¹ Programa de Economía, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.

²² Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Los humedales son "extensiones de marismas, pantanos y turberas masas de agua incluidas las zonas naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancadas arroyos, agua salobre y salada cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros" (Ramsar, 1971); Los humedales son ecosistemas estratégicos que sirven para mantener la vida en el planeta; Ellos juegan un papel importante en el ciclo del agua y la regulación de las cuencas hidrográficas y el control de inundaciones, los contaminantes que absorben, la recarga de acuíferos y de descarga y control de la erosión. Además de estas funciones, los humedales son el hábitat de muchas especies, se puede hablar de una rica fauna, incluyendo los animales que viven de forma permanente en el agua y los animales que viven en la vegetación emergente en los bancos, muchos insectos necesitan ambientes de humedales, donde sus larvas acuáticas desarrollan. Es de destacar que las aves son los grupos más evidentes de invertebrados en los humedales.

La convención Ramsar entro en vigor en Colombia el 18 de octubre del 1998 donde se cuenta con 6 humedales de importancia internacional como lo es la Laguna de la Cocha (Nariño), el complejo de humedales de la Estrella Fluvial Inírida (Guainía), el complejo de humedales Laguna del Otún (Risaralda), el Sistema Lacruste de Chingaza (Cundinamarca), Delta del Rio Baudó (Choco) y el Sistema Delta Estuarino del Rio Magdalena – Ciénaga Grande de Santa Marta (Magdalena), el objetivo de este documento es presentar los beneficios que proporcionan los ecosistemas de humedales en Colombia.

Palabras Claves: Humedal, servicios ecosistemicos, ecosistemas estratégicos y Convención RAMSAR

ABSTRACT

The wetlands are "areas of marsh, fen, peatland or water bodies including natural or artificial, permanent or temporary areas, stagnant streams, brackish and salt water the depth of which at low tide does not exceed six meters" (Ramsar, 1971); Wetlands are strategic ecosystems that serve to sustain life on the planet; They play an important role in the water cycle and regulation of watersheds and flood control, absorbing pollutants, groundwater recharge and discharge and erosion control. In addition to these functions, wetlands are the habitat for many species; one can speak of a rich wildlife, including animals that live permanently in the water and the animals that live in the emergent vegetation on the banks, many insects need environments wetland, where their aquatic larvae develop. It is noteworthy that the birds are the most obvious groups of invertebrates in wetlands.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



The Ramsar Convention entered into force in Colombia on October 18, 1998 where it has 6 wetlands of international importance such as La Laguna de la Cocha (Nariño), el complejo de humedales de la Estrella Fluvial Inírida (Guainía), el complejo de humedales Laguna del Otún (Risaralda), el Sistema Lacustre de Chingaza (Cundinamarca), Delta del Rio Baudó (Choco) y el Sistema Delta Estuarino del Rio Magdalena – Ciénaga Grande de Santa Marta (Magdalena), the objective of this document is to present the benefits provided by wetlands ecosystems in Colombia.

Keywords: Wetland, ecosystem services, strategic ecosystems and RAMSAR Convention

INTRODUCCIÓN

La convención de Ramsar es el único convenio mundial que se dedica a proteger y a conservar los ecosistemas de humedales como también su biodiversidad definiéndolos como: “son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Actualmente hacen parte de este convenio 158 países y en el mundo están preservados 1381 humedales.

Los humedales son ecosistemas de interés natural como cultural, están constituidos por un cuerpo de agua permanente o estacional de poca profundidad, la rodea una zona inundable la cual es periódica como también un terreno no inundable conocido como zona de manejo y preservación ambiental. Estos humedales poseen características propias como suelos anaerobios y entornos inundables donde se sobreviven macrófitas (Batzler y Sharitz, 2006).

La importancia de los humedales naturales se basa en los servicios ambientales que presta, como el almacenamiento de agua, la protección contra tormentas, la mitigación de inundaciones, la estabilización de la línea costera, el control de la erosión, la recarga y descarga de acuíferos, la purificación del agua, la retención de nutrientes, sedimentos y contaminantes, así como la estabilización de condiciones climáticas (Ling, 2006). Los problemas que presentan muchos humedales en el mundo es que han desaparecido por el resultado del crecimiento de las ciudades, de la agricultura, de la ganadería y del turismo; la principal y mayor amenaza es el cambio del uso del suelo ocasionado por las actividades antrópicas.

Los humedales se caracterizan por poseer diversidad vegetal, la cual sirve como alimento de manera directa o indirectamente de muchos mamíferos, aves, reptiles e invertebrados, sin





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



embargo es tan elevado la productividad de la biomasa que no alcanza hacer consumida totalmente y muere ocasionando un exceso de materia orgánica que con la ayuda de la humedad beneficia el crecimiento de los microorganismos como bacterias, hongos y artrópodos terrestres, (García, 1996).

Igualmente estos ecosistemas acumulan carbono, nitrógeno, fosforo que son emitidos a la atmosfera como también a su entorno; las propiedades que poseen los hacen muy deseables para ser utilizados como plantas de tratamientos (Lara y Salgot, 1999). Estos humedales son conocidos como artificiales porque tienen la intervención del ser humano.

METODOLOGIA

Con la finalidad de incentivar la conservación de los humedales y su importancia, se realiza una investigación bibliográfica sobre los servicios ecosistemicos que tienen dichos ecosistemas. Inicialmente se desarrolló un análisis de contenido, el cual es un conjunto de procedimientos interpretativos de productos comunicativos que se derivan de procesos singulares de comunicación previamente registrados (Piñuel, 2002) dicho análisis se basa en un orden nacional, teniendo en cuenta la oficina de Ramsar como ente internacional que se encarga de este tipo de ecosistemas y que brinda información para aquellos humedales Ramsar Colombia

SERVICIOS ECOSISTEMICOS DE LOS HUMEDALES

Los humedales son un ecosistema de suma importancia tanto para la humanidad como para la naturaleza y se catalogan como cunas de la diversidad biológica. Según Wetlands International, (2006) prestan unos servicios ecosistemicos, tales como:

Control de inundaciones: Muchos humedales contribuyen en el control y reducción de inundaciones, como por ejemplo: los lagos, pantanos y ciénagas absorben todo lo que sobra de agua en las épocas de lluvias.

Belleza paisajística: Estos ecosistemas reflejan el alma de un mundo limpio, por ende ofrecen grandes oportunidades para la recreación y turismo como la navegación en lagos o el buceo en humedales costeros y los arrecifes y la belleza que ofrecen la diversidad de fauna y flora.

Recargas de acuíferos: Depende de la pertinencia de los suelos y sus características geológicas, el agua se filtra hasta llegar a un depósito de agua (Acuífero), lo que posibilita el consumo futuro.

Prevención contra la penetración de agua salada: Los humedales costeros cumplen con la función de no permitir que el agua del mar entre a los cultivos y por ende los afecte.

Absorción de carbono: Este tipo de humedales tienen la función de retener el carbono en forma de materia orgánica. “Las turberas por ejemplo, almacenan entre 1624% del carbono total





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



presente en los suelos pese a que ocupan únicamente 3-4% de la superficie terrestre a nivel global” (Wetlands International, 2006, pp 16).

Regulación del ciclo hidrológico: Los humedales hacen parte del ciclo del agua, de esta misma manera los humedales pueden ayudar a mantener los patrones de lluvias locales y niveles de humedad.

Diversidad biológica: Los humedales se caracterizan por contener una gran biodiversidad, además, algunos humedales son hábitats de las aves migratorias.

Lugares RAMSAR Colombia

En Colombia existen 6 lugares Ramsar, los cuales están ubicados en la Ciénaga Grande de Santa Marta, en el complejo de humedales de la Estrella Fluvial Inírida, el Delta del Rio Baudó (Choco), la Laguna de la Cocha (Nariño), el complejo de humedales laguna del Otún en Risaralda y finalmente el sistema lacustre de Chingaza en Cundinamarca.

CONCLUSION

Los humedales deben ser conservados debido a la relevancia de las funciones que prestan, una de ellas es la prevención de desastres por inundaciones por ejemplo y también se encuentra otra de carácter vital como permitir la regulación hídrica. Por otra parte, también permite la conservación de especies de fauna y flora.

La protección de estos ecosistemas se convierte no solo en una solidaridad intrageneracional sino intergeneracional, pues permite que las generaciones futuras puedan acceder a los recursos que tenemos en la actualidad, lo que conlleva a una calidad de vida para aquellos que no han nacido y de esta manera crear un mejor mundo para nuestras generaciones futuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Batzer, D.P. y R.R. Sharitz. 2006. Ecology of freshwater and estuarine wetlands. University of California Press, Los Ángeles, Estados Unidos.

García, M. J. 1996. Utilización de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua de los Ríos Apatlaco y Yautepac, Estado de Morelos. Universidad Nacional Autónoma de México. México 95.

Lara, J. A. y M. Salgot. 1999. Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales, Barcelona. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Cataluña. España. 114 pp.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Ling, J.E. 2006. Testing aquatic macroinvertebrate and plant techniques for the biological assessment of wetlands: a consideration of the effects of errors and implications for sampling design. Thesis Doctor of Philosophy. University of Western Sydney. Australia 427 pp.

Stolk, M. E., P. A. Verweij, M. Stuij, C. J. Baker and W. Oosterberg (2006). Valoración Socioeconómica de los Humedales en América Latina y el Caribe. Wetlands International. Los Países Bajos.

Ramsar: <http://www.ramsar.org/es/humedal/colombia>

LOCALIZACION Y CARACTERIZACION DE LOS ESCOMBROS DE LA CIUDAD DE NEIVA

JOHNNY EDUARDO SANDOVAL DIAZ ¹, JHON ALEXANDER VALLEJO C. ² MAURICIO DUARTE TORO ³
ANGELA MAGNOLIA RIOS GALLARDO ⁴, LISIMACO VALLEJO CUELLAR ⁵

1: Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva, Colombia

2: vicerrectoría de Investigación y proyección social, Universidad Surcolombiana. Ciudad, País

1 Sandjohe@hotmail.com Estudiante de Ingeniería Agrícola Universidad Surcolombiana

2 bboyalax_0626@hotmail.com. Estudiante de Ingeniería Agrícola Universidad Surcolombiana

3 maduto4@hotmail.com Ingeniero Civil, Docente de planta Fac. Ingeniería de la Universidad Surcolombiana

4. Angiesmag@gmail.com. Vicerrectora de Investigación y proyección Social Universidad Surcolombiana

5. Lisvac01@gmail.com PhD En Bioestadística Docente de planta de la Universidad Surcolombiana

Resumen

En el siguiente trabajo se realizó la caracterización detallada de los escombros generados por la construcción en la ciudad de Neiva, departamento del Huila, la cual servirá de herramienta útil, para su posterior reciclaje, análisis que beneficiara de manera directa a los implicados en los procesos de construcción. La caracterización comprende el análisis de factores como el peso y el volumen de los residuos, con los cuales se obtuvieron resultados de densidad, que tienen la





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



función de determinar el porcentaje de residuos de construcción que posee la ciudad de Neiva en 5 Zonas neurálgicas. Se tomaron volumetrías y mediciones de áreas, que demuestran la demanda de escombros que posee la ciudad, con ello se realizó, el estudio de factibilidad para el rehúso de los residuos, con lo cual se podrá mitigar el impacto ambiental que los acarrea, con un plan de recolección, el cual reduciría la compra de materiales nuevos.

Por otra parte se determinó también el porcentaje de reciclaje que poseen los escombros, ya que no todos los escombros tienen la posibilidad de ser reciclados, por lo cual también se establecen las guías para manejarlos de acuerdo a la localización realizada y la identificación de los botaderos legales de los mismos.

Palabras Clave: Ambiental, Reciclaje, Caracterización, Volumetría.

Área temática: No 13 Construcciones Ambientales

Abstract

In this paper, the detailed characterization of the debris generated by the construction in the city of Neiva, Huila, which will serve as a useful tool for recycling, analysis that directly benefit those involved in the process was carried out of construction. The characterization involves analyzing factors such as weight and volume of the waste, which results in density, which have the function of determining the percentage of construction waste that has the city of Neiva on 5 sensitive areas were obtained. Titrations and measurements of areas, demonstrating the demand of debris that has the city, this was done, the feasibility study for the reuse of waste, which may mitigate the environmental impact that entails, with took some collection plan, which would reduce the purchase of new materials.

Moreover, the percentage of recycling that have the rubble, as not all the debris have the potential to be recycled, so the guidelines are also set to handle them according to the location and identification made of the dumps was also determined Legal thereof.

Keywords: Environmental , Recycling, Characterization, volume.

Subject area : Environmental Building No 13

INTRODUCCIÓN





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



En Colombia, aunque el índice es más bajo, la industria de la construcción es uno de los sectores más dinámicos y de mayor incidencia en el desarrollo económico del país. (Álvaro Chávez, Nataly Guarín, María Cortez. 2013). Lo que evidencia que el territorio tiene bastantes movimientos económicos en este sector los cuales generan residuos que a su vez causan un deterioro ambiental y un perjuicio bastante grande, no solo al medio ambiente si no a los directamente involucrados con este tema.

El enorme costo ambiental que se ha generado en la ciudad de Neiva, posee un gran desafío para las personas implicadas en el sector, el crecimiento de la construcción en la ciudad ha sido evidente y es verificable desde la fabricación de los materiales de construcción. Es preciso mirar al pasado y ver que anteriormente en el municipio no se veían grandes estructuras como ahora, por ello factores importantes como la demolición de edificaciones ya existentes, la remoción de terrenos para estructuración de edificaciones modernas, los métodos de adecuación y remodelación e inclusive la misma operación de los edificios, son componentes que generan grandes volúmenes de residuos que en su mayoría son inertes.

MARCO REFERENCIAL

1.1 Definición.

Los escombros se definen como todo residuo sólido sobrante de la actividad de la construcción, de la realización de obras civiles o de otras actividades conexas, complementarias o análogas.

1.2. Composición de los escombros

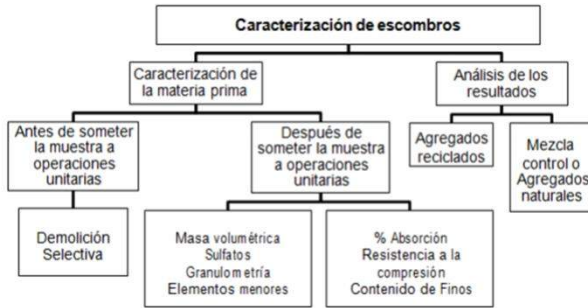
Los RCD constituyen una mezcla heterogénea de varios elementos como ladrillo, cemento, agregados (arena, grava, gravilla), recebo, acero, madera y otros, que dificultan su recuperación o reincorporación a determinado ciclo económico y/o productivo.

1.3 Caracterización de los escombros

Es la actividad Cualitativa la cual puede recurrir a datos con el fin de profundizar el conocimiento sobre la composición de los escombros, en donde se realiza una serie de fases tales como la organización de datos con la toma de muestras de campo representativas desde puntos de vista físicos y mecánicos para la evaluación de su uso potencial en diferentes campos de la construcción y estudiar la viabilidad de su uso como materiales de construcción estandarizado, A continuación se muestra un cuadro de resumen de las actividades que componen la caracterización.



Figura No.1 Mapa conceptual Caracterización de escombros. Fuente: (Ferreira J. Sebastián 2009)



1.3 Panorama Actual de la Ciudad de Neiva:

La ciudad de Neiva comprende un panorama desolador en cuanto a su manejo de basuras y escombros, En varias Zonas la situación es crítica y genera un grave impacto ambiental que comprende, la difícil y lenta degradación de estos materiales, además de ser espacios de proliferación de Zancudos e insectos que propagan enfermedades, pueden provocar la contaminación de fuentes hídricas.

Figura 2. Zonas ilegales de deshechos de Escombros



2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Georreferenciación de las zonas Neurálgicas.

2.1.1 Utilización de la herramienta google maps:

Con esta herramienta se localizan las áreas que tiene mayor vulnerabilidad, se estiman los puntos de referencia, y se traza el área de influencia, para estimar el área que ocupan los escombros en cada lugar.

En La ciudad se encontraron 5 zonas que las hemos llamado de acuerdo a su ubicación, las zonas son:

Av. Max Duque Gómez
 Sena Industrial
 Puente El Tizón
 Av. Inés García de Duran
 Barrio San Jorge Etapa II

2.2 Recolección de muestras:

Se visitaron cada uno de los sitios y se clasificaron las muestras de acuerdo al tipo de material, con ello hicimos un marcaje de los materiales del sitio y los dispusimos en bolsas, para esta tarea se hizo un previo análisis de selección:

Figura 3. Recolección de muestras según material



2.3 Volumetría y Clasificación en Campo

Ya recolectadas las muestras se dispuso como trabajo en campo realizar la volumetría en cada lugar de influencia, observando que los escombros eran botados en forma de montículos que se asemejan a un cono, con ello se clasificaron y se sacó la volumetría aproximada de cada montículo y se utilizó la ecuación (1) de volumen del cono:

$$V_{cono} = \frac{1}{3}\pi r^2 h \quad (1)$$

Donde:

V= Volumen (m³)

r = Radio (m)

h= Altura (m)

2.4 Volumetría y caracterización de la materia prima en el laboratorio:



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Cuando se obtiene la volumetría en Campo, se procede a sacar volumetría y confrontar los valores, obtenidos en campo, con lo cual se utiliza una balanza triple brazo, de acuerdo a recolección de muestras comprendidas entre 1 y 10 kg de peso.

Luego se procede a sacar el volumen, para este método se utiliza el desplazamiento de volumen por agua, en donde se utiliza un balde y la muestra se sumerge totalmente, de acuerdo a ello se compara lo medido en campo, y lo medido en el laboratorio, a partir de una regla de tres simple que representa la ecuación (2). (Dr. Kunitoshi Sakurai 1981).

Ej: Asfalto, Recolección de muestra en **Sena industrial**:

Volumen Medido en Campo: **12.34 m³**

Volumen obtenido en el laboratorio: 0.5 Lts

Peso De la muestra de asfalto: 906 gr

$$0.005M3 \text{-----} \rightarrow 0.906 \text{ kg} \quad (2)$$

$$12.34 M3 \text{-----} \rightarrow X$$

$$x = \frac{12.34m^3 * 0.906kg}{0.005m^3} = 2236.08 \text{ kg}$$

Con los resultados obtenidos a partir de las ecuaciones (1) y (2), se realiza la caracterización, que comprende

el porcentaje en peso de las muestras, su análisis de densidad, y el volumen ocupado, lo cual será utilizado para determinar cuáles de estos materiales, pueden ser reciclados, y así generar la mitigación de residuos de escombros en la ciudad.

2.5 Plan de Reciclaje:

En el plan de reciclaje se acuerdo con la información obtenida de las muestras clasificadas, se establecen los pasos para en una futura investigación llevarlas a cabo, de acuerdo a ello se tienen las pautas de reciclaje que comprende:

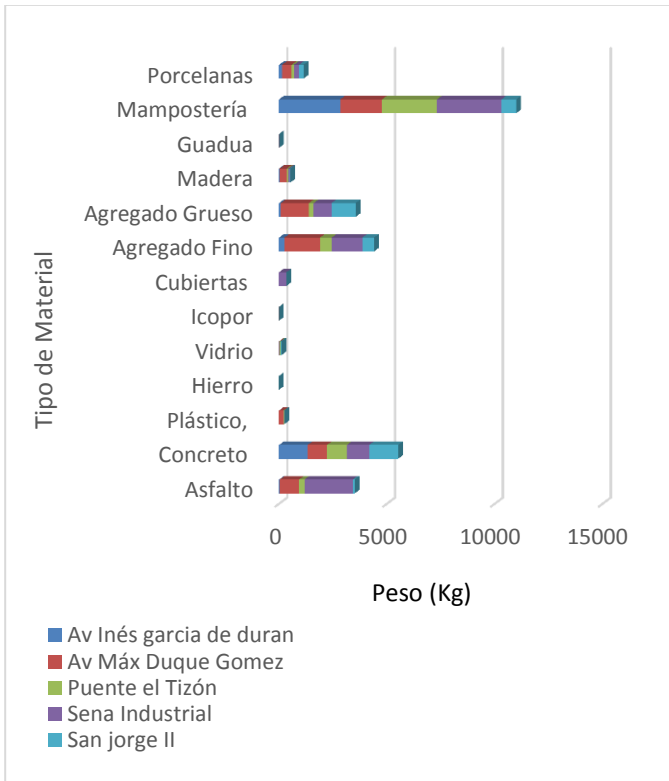
Uso de concreto reciclado, en forma de bloques desechados para recuperación de terrenos, diques y rellenos que no soportan carga y taludes entre otros.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la metodología aplicada, se obtuvieron los resultados de peso y volumetría, con ello se determinó la cantidad de escombros que posee la Ciudad de Neiva, en la Tabla 1 se observaran los niveles de escombros que se encontraron y su clasificación:



Figura 4. Volumetría y peso de materiales



Las Zonas vulnerables en muchos casos, poseen mampostería, estos elementos poseen huecos los cuales hacen que el material no genere peso (Carlos Bedoya, 2003), sin embargo se observa que es el material que mayor pesos representa, ya que también existe una combinación entre los escombros de ladrillo y concreto debido a que dichos residuos son procedentes de demolición. La representación en peso esta en muchos casos ligada al volumen con lo cual se puede obtener valores de densidad con la expresión:

$$d = \frac{m}{v} \quad (3)$$

De acuerdo con la volumetría obtenida y el peso de las muestras que exponen dichas características de los materiales, que comprenden procedimientos de análisis de agregados y materiales, se expresa la densidad que sirve como identificador primario de cada material, en la figura 5 se muestra la zona de mayor vulnerabilidad que posee los valores de densidad elevados que comprende la zona de la A.V Max Duque Gómez industrial:

Figura 5. Grafica Peso Vs Volumen



La relación de peso y volumen de las muestras evidencia que la densidad es mayor a medida que el volumen y el peso aumentan, la tendencia de las muestras forma un polinomio de orden 2 el cual describe la variabilidad, distancia numérica, (Viviana Llanos, 2012) y representativa de los materiales expuestos allí, lo cual sirve como herramienta para el procedimiento de reciclaje ya que se puede principalmente reciclar materiales como mampostería, y concreto en sus diferentes formas, disminuyendo el impacto ambiental que genera la degradación de los escombros.

CONCLUSIONES

La caracterización de los escombros de construcción estableció un punto de partida importante para el sector constructor del departamento del Huila y específicamente de Neiva, evidenciando que existen aproximadamente 38 toneladas de escombros que tienen potencial reuso, lo que generaría en un futuro la posibilidad de gastar menos materiales, ya que no se deberán comprar nuevos recursos.

La reducción de la contaminación beneficia a las empresas así como a la autoridad municipal encargada del suministro de servicios, incluyendo el agua potable, la gestión de residuos y la reparación medioambiental.

La preservación de la ciudad de Neiva, en términos de viabilidad está muy ligada a los aspectos de reciclaje, disminución de consumo de materiales y energía, con ello se determina un punto de partida para la interacción entre materiales sostenibles y diseños arquitectónicos, los cuales lograrían optimizar el rendimiento medioambiental de los edificios urbanos.



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Artículos.

- (1) Viviana Carolina Llanos & María Rita Otero, (2012), Las funciones polinómicas de segundo grado en el marco de un Recorrido de Estudio y de Investigación (REI): alcances y limitaciones. Revista Iberoamericana de Educación matemática, Págs., 45-63
- (2) Álvaro Chávez P, Nataly Guarín C., & María Cortez D., (2013), Determinación de propiedades físico-químicas de los materiales agregados en muestra de escombros en la ciudad de Bogotá d. c., Revista Ingenierías Universidad de Medellín.
- (3) Nataly Guarín C, Liseth J Montenegro R, Luis H Walteros G & Sandra T. Reyes , (2011) .Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. Págs. 9-12
- (4) Alvaro Chávez P, Ana Mejia C & Oscar J. Bernal L., (2014), Análisis de información sobre el manejo y gestión de escombros a nivel nacional e internacional. Revista. Ingeniería Solidaria. Vol (1) Págs. 7-10
- (5) Juan S. Ferreira Díaz, (2009), Aprovechamiento de escombros como agregados No convencionales a mezclas de concreto.
- (6) Carlos Mauricio Bedoya M & Luis Fernando Gonzales, (2003). El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats humanos sostenibles.
- (7) Mónica Jaimes & Ferney Ardila C. (2010), Estudio de alternativas de manejo de escombros generados por la construcción y demolición de edificaciones en la ciudad de Bogotá. Universidad industrial de Santander.

Libro:

- (8) Manuel Morales A. & Mario Villalta Flórez E, (2011), Guía de Manejo de escombros y otros residuos de la construcción. UICN/ Oficina regional para Mesoamérica y la iniciativa Caribe





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIABLE ALEATORIA PARA SIMULAR EL MOVIMIENTO DE CAUDALES MEDIOS EN EL RIO FONCE (SANTANDER) EN EL MARCO DE LA AXIOMATICA DE ANDREY KOLMOGOROV

Rodrigo Galarza Ramírez

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Grupo Visión Colombia Hídrica,
Proyecto de Investigación ING 1770 de 2015

Bogotá, Colombia

u1101342@unimilitar.edu.co

Resumen

El objetivo del trabajo es construir variables aleatorias en caudales medios mensuales del río Fonce aplicando la axiomática de Andrey Kolmogorov. La construcción se lleva a cabo a partir de los conceptos de espacio muestral, evento, espacio medible, sigma álgebra, función medible y variable aleatoria. La definición formal de una variable aleatoria se da en los siguientes términos. Sea (Ω, \mathcal{F}) un espacio medible cualitativo y $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ un espacio medible cuantitativo en donde Ω es un espacio muestral y \mathcal{F} es una sigma álgebra, entonces una $(\mathcal{F} - \bar{\mathcal{F}})$ variable aleatoria es una función X que asigna valores (en número reales) de Ω en $\bar{\Omega}$. Para el trabajo se compilaron los datos de caudales medios del río Fonce en la estación hidrológica en San Gil, aportados por el Instituto IDEAM; posteriormente se construyeron los espacios medibles y la función medible X , cumpliendo con la propiedad de preimagen. El trabajo se desarrolló en el marco del proyecto de investigación UMNG ING 1770 de 2015, con recursos financieros de la Vicerrectoría de Investigaciones y en conjunto con la Universidad de Pamplona.

Palabras Clave: Variable aleatoria, proceso estocástico, Rio Fonce

Área temática: Modelación y simulación de sistemas ambientales.

Abstract

The aim of this work is to construct random functions on monthly average flow applying the Kolmogorov's axiomatic. We do this by the concepts of random space, event, measurable space, sigma algebra, measurable function and random function. The formal definition of a random function is as follows. Be (Ω, \mathcal{F}) a measurable qualitative space and $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ a measurable quantitative space, where Ω is a random space and \mathcal{F} is a sigma algebra, then a $(\mathcal{F} - \bar{\mathcal{F}})$ random function is a function that assigns values (in real numbers) from Ω to $\bar{\Omega}$. Was compiled the data





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



of monthly average flow from the Fonce river in the hydrological station in San Gil. The data was provided by IDEAM Institute. Finally, were constructed the measurable space and the measurable function X , applying the properties of the inverse image. This work was developed in the framework research UMNG ING 1770 in 2015, with economical resources of the vice-rector of search and together with Pamplona's University.

Keywords: Ramdon function, stochastic process, Fonce River

INTRODUCCIÓN

La teoría moderna de procesos estocásticos centra su atención en los conceptos de sigma álgebra, espacio medible, filtraciones, martingalas, variable aleatoria y espacio de probabilidad.

Este trabajo trata sobre la construcción de variables aleatorias en caudales medios del río Fonce aplicando la axiomática de Andrey Kolmogorov; para lo cual se definen los conceptos de espacio muestral, evento, sigma álgebra y variable aleatoria.

La importancia del trabajo radica en que existe muy poca bibliografía que explique en forma clara y sencilla la construcción de los conceptos antes señalados.

Los datos de los valores medios de caudales fueron aportados en forma gratuita por el Instituto IDEAM y con soporte en éstos se construye un juego de variables aleatorias discretas.

MÉTODOS

Se aplica la axiomática de Kolmogorov para construir los conceptos de espacio muestral cualitativo y cuantitativo, eventos cualitativos y cuantitativos, sigmas álgebras cualitativas y cuantitativas, espacios medibles y variable aleatoria.

Un experimento aleatorio es un proceso de carácter repetitivo hecho a partir de reglas bien definidas, con el fin de verificar o de comprobar una teoría o hipótesis, cuyos resultados están sujetos o influidos por el azar (Bonnet, 2012). Para el caso del río Fonce se asume que el experimento consiste en los giros de traslación y rotación de la esfera Tierra, con las respectivas incidencias en el comportamiento del río Fonce.

Dentro del experimento aleatorio se define al espacio muestral como un conjunto de los posibles resultados. Para el caso nuestro, los sucesos de los caudales medios se redujeron a tres aspectos





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



relevantes: caudales favorables al canotaje, al abastecimiento de agua y a los procesos de socavación; por lo tanto, el espacio muestral cualitativo y discreto es el siguiente:

Socavación de orillas: So

Canotaje: Ca

Abastecimiento: Ab

Definimos (Ω) de la siguiente manera:

$$\Omega = [So, Ca, Ab]$$

Los elementos muestrales discretos y cualitativos son los elementos que componen al espacio muestral.

A partir de los elementos muestrales se definen los eventos, los cuales son un subconjunto de un espacio muestral: para cualquier experimento dado podemos estar interesados en la ocurrencia de ciertos eventos más que en el resultado de un elemento específico en el espacio muestral (Matus, 2014). En nuestro caso tenemos a los siguientes eventos:

$$A_1 = [So]$$

$$A_2 = [Ca]$$

$$A_3 = [Ab]$$

Los complementos de los eventos con respecto al espacio muestral son:

$$A_1^c = \Omega - A_1 = [So, Ca, Ab] - [So] = [Ca, Ab]$$

$$A_2^c = \Omega - A_2 = [So, Ca, Ab] - [Ca] = [So, Ab]$$

$$A_3^c = \Omega - A_3 = [So, Ca, Ab] - [Ab] = [So, Ca]$$

La unión de los eventos se define así:

$$A_1 \cup A_2 = [So, Ca] = A_1 \cup A_2$$

$$A_1 \cup A_3 = [So, Ab] = A_3 \cup A_1$$

$$A_2 \cup A_3 = [Ca, Ab] = A_3 \cup A_2$$

La intersección de los eventos:

$$A_1 \cap A_2 = [So] \cap [Ca] = \emptyset$$

$$A_1 \cap A_3 = [So] \cap [Ab] = \emptyset$$

$$A_2 \cap A_3 = [Ca] \cap [Ab] = \emptyset$$

A partir del espacio muestral se construye el concepto de sigma álgebra cualitativa, cumpliendo: Sea \emptyset el conjunto vacío y Ω nuestro espacio muestral anterior, entonces, un conjunto \mathcal{F} de subconjuntos de un conjunto Ω se llama σ -álgebra. Las propiedades de una σ -álgebra son: (Blanco L, 2003).

El conjunto vacío está en \mathcal{F} : $\emptyset \in \mathcal{F}$

Si A es un evento está en \mathcal{F} , también está su complemento.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Si $A_1, A_2, A_3 \dots$ es una sucesión de eventos de \mathcal{F} , entonces la unión (contable) de todos ellos también está en \mathcal{F} .

En nuestro caso la sigma álgebra total es:

$$\mathcal{F} = \{\emptyset, \Omega, [A_1], [A_2], [A_3], [A_1^c], [A_2^c], [A_3^c], A_1 \cup A_2, A_1 \cup A_3, A_2 \cup A_3, A_1 \cap A_2, A_1 \cap A_3, A_2 \cap A_3\}$$

$$\mathcal{F} = \{\emptyset, \Omega, [So], [Ca], [Ab], [Ca, Ab], [So, Ab], [So, Ca], \}$$

A partir del espacio muestral y la sigma álgebra se constituye el concepto de espacio medible cualitativo (\mathcal{F}, Ω).

A continuación se formula un espacio medible cuantitativo $\bar{\Omega}$ a partir de un espacio muestral cualitativo, eventos cuantitativos y una sigma álgebra espejo (cuantitativa) $\bar{\mathcal{F}}$.

$$\bar{\Omega} = [8.6, 848]$$

Evento canotaje (E_1): Del caudal correspondiente al caudal ecológico al caudal que corresponde al caudal medio del río:

$$E_1 = [8.6, 81.2)$$

Evento Abastecimiento (E_2): Del caudal correspondiente al canotaje al caudal que corresponde al intervalo de abastecimiento o caudal medio del río:

$$E_2 = [81.2, 90)$$

Evento caudal de socavación (E_3): Del caudal medio del Río al caudal de socavación del puente:

$$E_3 = [90, 848)$$

Los complementos de los eventos son:

$$E_1^c = \Omega - E_1 = [0, 848] - [8.6, 81.2) = [81.2, 848]$$

$$E_2^c = \Omega - E_2 = [0, 848] - [81.2, 90) = \{[8.6, 81.2), [90, 848]\}$$

$$E_3^c = \Omega - E_3 = [0, 848] - [90, 848) = [0, 90)$$

La unión de los eventos es:

$$E_1 \cup E_2 = [8.6, 90) = E_2 \cup E_1$$

$$E_1 \cup E_3 = [8.6, 81.2), [90, 848) = E_3 \cup E_1$$

$$E_2 \cup E_3 = [81.2, 848) = E_3 \cup E_2$$

La intersección de los eventos es:





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



$$E_1 \cap E_2 = [8.6, 81.2] \cap [81.2, 90] = \emptyset$$

$$E_1 \cap E_3 = [8.6, 81.2] \cap [90, 848] = \emptyset$$

$$E_2 \cap E_3 = [81.2, 90] \cap [90, 848] = \emptyset$$

Basados en los datos anteriores nuestra σ – álgebra espejo es:

$$\bar{F} = \{ \emptyset, \Omega, [E_1], [E_2], [E_3], [E_1^c], [E_2^c], [E_3^c], E_1 \cup E_2, E_1 \cup E_3, E_2 \cup E_3, E_1 \cap E_2, E_1 \cap E_3, E_2 \cap E_3 \}$$

$$\bar{F} = \{ \emptyset, [8.6, 848], [8.6, 81.2), [81.2, 90), [90, 848], [8.6, 848], \{ [8.6, 81.2) [90, 848] \}, [8.6, 81.2) \}$$

La variable aleatoria se construye de la siguiente manera.

Sea (Ω, \mathcal{F}) un espacio medible cualitativo y $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ un espacio medible cuantitativo en donde Ω es un espacio muestral y \mathcal{F} es una sigma álgebra, entonces una $(\mathcal{F} - \bar{\mathcal{F}})$ variable aleatoria es una función X que asigna valores (en número reales) de Ω en $\bar{\Omega}$.

$$\text{Sea } X: \Omega \rightarrow \bar{\Omega}$$

Entonces:

$$X: \begin{array}{ll} \Omega & \longrightarrow \bar{\Omega} \\ \{Ca\} & [8.6, 81.2) \\ \{Ab\} & [81.2, 90) \\ \{So\} & [90, 848] \end{array}$$

La axiomática de Kolmogorov exige: es variable aleatoria cuando la imagen inversa de los eventos cuantitativos pertenece a la sigma álgebra cualitativa.

A continuación comprobamos esta propiedad respecto al ejemplo anterior:

$$X^{-1}(\emptyset) = \emptyset \in \mathcal{F}$$

$$X^{-1}(\{8.6, 81.2\}) = \{w \in \Omega: X(w) \in \{8.6, 81.2\}\} = [Ca] \in \mathcal{F}$$

$$X^{-1}(81.6, 90) = [Ab] \in \mathcal{F}$$

$$X^{-1}(90, 848) = [So] \in \mathcal{F}$$

Se puede apreciar en la demostración anterior, que la imagen inversa de los eventos cuantitativos pertenece a la sigma álgebra cualitativa y por lo tanto X es una variable aleatoria en los términos de la axiomática de Kolmogorov. A continuación se construyen 12 variables aleatorias según los valores medios de caudales multianuales de cada mes del año calendario para el caso del río Fonce.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



$$X_{1=}$$

Ω	$\tilde{\Omega}$	$P[0,1]$
A1	[8.6, 81.2)	0.9
A2	[81.2, 90)	0.03
A3	[90, 848]	0.07

$$X_{2=}$$

Ω	$\tilde{\Omega}$	$P[0,1]$
A1	[8.6, 81.2)	0.86
A2	[81.2, 90)	0.03
A3	[90, 848]	0.1

$$X_{3=}$$

Ω	$\tilde{\Omega}$	$P[0,1]$
A1	[8.6, 81.2)	0.77
A2	[81.2, 90)	0.04
A3	[90, 848]	0.2

$$X_{4=}$$

Ω	$\tilde{\Omega}$	$P[0,1]$
A1	[8.6, 81.2)	0.28
A2	[81.2, 90)	0.1
A3	[90, 848]	0.62

$$X_{5=}$$

Ω	$\tilde{\Omega}$	$P[0,1]$
A1	[8.6, 81.2)	0.09
A2	[81.2, 90)	0.09
A3	[90, 848]	0.83

$$X_{6=}$$

Ω	$\tilde{\Omega}$	$P[0,1]$
A1	[8.6, 81.2)	0.45
A2	[81.2, 90)	0.1
A3	[90, 848]	0.45

$$X_{7=}$$

Ω	$\tilde{\Omega}$	$P[0,1]$
A1	[8.6, 81.2)	0.84
A2	[81.2, 90)	0.05
A3	[90, 848]	0.1

$$X_{8=}$$

Ω	$\tilde{\Omega}$	$P[0,1]$
A1	[8.6, 81.2)	0.86
A2	[81.2, 90)	0.07
A3	[90, 848]	0.07

$$X_{9=}$$

Ω	$\tilde{\Omega}$	$P[0,1]$
A1	[8.6, 81.2)	0.67
A2	[81.2, 90)	0.1
A3	[90, 848]	0.22





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



$X_{10} =$	Ω	\rightarrow	$\tilde{\Omega}$	\rightarrow	$P[0,1]$
	A1		[8.6, 81.2)		0.1
	A2		[81.2, 90)		0.05
	A3		[90, 848]		0.84
$X_{11} =$	Ω	\rightarrow	$\tilde{\Omega}$	\rightarrow	$P[0,1]$
	A1		[8.6, 81.2)		0.09
	A2		[81.2, 90)		0.02
	A3		[90, 848]		0.9
$X_{12} =$	Ω	\rightarrow	$\tilde{\Omega}$	\rightarrow	$P[0,1]$
	A1		[8.6, 81.2)		0.52
	A2		[81.2, 90)		0.14
	A3		[90, 848]		0.34

Como se pudo apreciar, igualmente se presenta para cada espacio muestral cuantitativo su correspondiente medida de probabilidad $P [0,1]$, conocida como frecuencia empírica según los datos de las series temporales. A la tripla conformada por el espacio muestral cuantitativo, la sigma álgebra cuantitativa y su medida de probabilidad se le conoce como espacio de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos fueron aportados en forma gratuita por el Instituto IDEAM y comprendieron: una serie de valores de caudales medios mensuales multianuales desde 1955 hasta 2012 del río Fonce en San Gil. Para cada mes se construyó una variable aleatoria.

Como se logró apreciar, la construcción de una variable aleatoria sólo implica conocer un espacio medible y no tiene referencia alguna a la probabilidad.

Ante los resultados obtenidos surge el interrogante ¿Es posible inundar los estudios de ingeniería con variables aleatorias en el sentido formal de la teoría moderna de probabilidad?

4 CONCLUSIONES

El trabajo demuestra que en valores de caudales medios del río Fonce se logró construir variables aleatorias en la axiomática de Kolmogorov.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



José Bonnet. (2012). Lecciones de estadística: Estadística descriptiva y probabilidad. España. Ed club universitario. Liliana Blanco Castañeda. (2003). Probabilidad. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

ESTUDIO DE VARIABLES DE CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNIDAD DEL PAÍS VASCO, ESPAÑA 2014.

Paula Andrea Días Hoyos, Semillero de Investigación Variabilidad y Cambio Climático (SIVCC), Universidad de Pamplona, Colombia.

Jessica Yorely Villamizar Rodríguez, Semillero de Investigación Variabilidad y Cambio Climático (SIVCC), Universidad de Pamplona, Colombia.

Belcy Hernandez Tabaco, Semillero de Investigación Variabilidad y Cambio Climático (SIVCC), Universidad de Pamplona, Colombia.

Jarol Derley Ramón Valencia, Grupo de investigación Aire, Agua y Suelo (GIAAS), Universidad de Pamplona, Colombia.

Semillero de Investigación Variabilidad y Cambio Climático Universidad de Pamplona.

Resumen

El ozono es perjudicial para los seres humanos y las plantas, ya que pueden provocar graves daños para la salud tales como afecciones en el aparato respiratorio¹. Los contaminantes convencionales son precursores de dicho ozono troposférico y otros oxidantes fotoquímicos como consecuencia de las reacciones químicas atmosféricas, principalmente con radicales OH⁻, O₃, y radicales NO₃ presentes en la atmosfera². Las variables que influyen en la calidad del aire son medidos de forma automática en el país vasco, a través de la red de control de calidad del aire, instrumento que controla y vigila los niveles de contaminación por medio de analizadores y sensores que miden los contaminantes que marca la normativa en materia de calidad del aire³. Dentro de los contaminantes están el SO₂, CO, NO₂, el ozono, las partículas (PM10 y PM 2,5) y el benceno, también se miden de forma manual metales pesados y HAPS (hidrocarburos aromáticos poli cíclicos) con captadores cuyos filtros se analizan en el laboratorio. Los analizadores automáticos toman la muestra de aire a tiempo real y se basan en métodos físicos o





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



químicos para detectar el gas o partícula que se quiere medir. El objeto de estudio son las variables con las que cuenta la comunidad vasca, las cuales son monitoreadas con el fin de controlar los niveles de contaminación en el año 2014. Así pues, se pretende determinar la concentración de contaminantes y sus fuentes, resaltando la influencia de las fuentes antropogénicas y naturales en la calidad del aire y adicional a ello, el paso de dichos contaminantes a precursores de ozono troposférico que traen consigo afectaciones al medio ambiente y a la salud humana.

Palabras Claves

Contaminantes, fuentes, calidad del aire, variables, ozono, monitoreo.

Whittaker, a., bérubé, k., jones, t., maynard, r., and richards, r. (2004). killer smog of london, 50 years on: particle properties and oxidative capacity. science of the total environmental 334-335, 435-445.

Liakakou, e., bonsang, b., williams, j., kalivitis, n., kanakidou, m. and mihalopoulos, n. (2009). c2-c8 nmhcs over the eastern mediterranean: seasonal variation and impact on regional oxidation chemistry. atmospheric environment 43, 5611-5621.

Red de calidad del gobierno vasco; © 2015 · eusko jaurlaritza - gobierno vasco.

JESSICA YORELY VILLAMIZAR RODRIGUEZ

C.C. 1.010.089.500

Fecha de nacimiento: 24/06/1993

Carrera 8 Nº 5-74 Apto 101, interior 5, Centro, Pamplona-Colombia

Teléfonos: 3112097840

Correo Electrónico: jessica.vrodriguez@unipamplona.edu.co

PERFIL OCUPACIONAL

El ingeniero Ambiental estará capacitado para diseñar e implementar tecnologías para disminuir la contaminación y minimizar el impacto de la actividad humana en el ambiente. Así el objetivo





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



de la Ingeniería de Recursos naturales y del Ambiente se debe centrar en la formación de recursos humanos que, con un profundo dominio del conocimiento científico y tecnológico, sean capaces de identificar, comprender y proponer alternativas de solución a los problemas ambientales relacionados con el desarrollo de la sociedad. El Ingeniero Ambiental debe buscar el equilibrio de la interrelación entre los factores ambientales para lograr un desarrollo sostenible.

FORMACIÓN ACADÉMICA

Ingeniería Ambiental en formación.

-Programa De Ingeniería Ambiental, Del Departamento De Ingeniería Civil, Ambiental Y Química, De La Facultad De Ingenierías Y Arquitecturas, De La Universidad De Pamplona (2015).

- Participación Congreso De Energía Sostenible Y Sustentable V Semana Nacional De La Ciencia, Tecnología E Innovación En Norte De Santander (2014).

-Participación En Calidad De Asistente En El IV Seminario Internacional Del Medio Ambiente, Nuevos Desarrollos Y Tecnologías Ambientales (2013).

-Participación Seminario Taller Procesos E Innovación Tecnológica En Sistemas Ambientales (2013).

-Participación Curso Taller Enseñanza Actualizada De La Hidrología (2013)

- Participación Congreso De La IV Semana Nacional De La Ciencia, Tecnología E Innovación En Norte De Santander (2012).

PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

- Semillero de Investigación Variabilidad y Cambio Climático, Universidad de Pamplona.

-semillero de investigación Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad de Pamplona.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



SOSTENIBILIDAD DE LA OBTENCIÓN DE PALMA DE ACEITE UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.

Shirley Jaimes Moncada¹, Oscar O. Ortiz Rodriguez²

1: Ingeniero de producción Agroindustrial. Estudiante de Maestría en Ingeniería Ambiental, Facultad De Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona. Pamplona Colombia. e-mail: shirle19@hotmail.com.

2: Ingeniero Industrial PhD. Chemical, Environmental and Process Engineering. Departamento de Ingeniería Industrial. Grupo de Investigación en Nanotecnología y Gestión Sostenible. Universidad de Pamplona. Km1, vía Bucaramanga, Colombia. e-mail: oscar.ortiz@unipamplona.edu.co

Resumen

La presente investigación muestra los resultados de la aplicación de la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que evalúa los impactos ambientales generados en la producción de Palma de aceite (*Elaeis Guineensis*) en Colombia. Con la implementación de esta herramienta estandarizada por la norma ISO 14040, posibilita la obtención de datos, para la toma de decisiones que minimicen las emisiones de CO₂ entre otras categorías. La evaluación considera los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del sistema productivo de la Palma de Aceite con el fin de generar estrategias para el impulso del sector palmero y promover el núcleo productivo, se consideró tres aspectos fundamentales del desarrollo sostenible: económico, ambiental y social, cuantificando las entradas y salidas en la etapa de cultivo. Este estudio se realizó en la Cooperativa de Palmas de Risaralda (COOPAR) ubicada en el municipio del Zulia, departamento Norte de Santander.

Las categorías de impactos a evaluar son calentamiento global, destrucción de capa de ozono, acidificación, agotamiento de recursos abióticos, oxidación fotoquímica, eutrofización, toxicidad, dando como resultado el perfil medioambiental a partir del cual se plantean soluciones orientadas a la reducción del consumo de energía y emisiones generadas a lo largo del ciclo de vida en la producción de una hectarea de palma de aceite como unidad funcional. De esta manera desarrollar alternativas que contribuyan a la mitigación de las condiciones ambientales desfavorables, para que el proceso productivo sea sostenible y se formule diferentes escenarios en la obtención del producto final ambientalmente sostenible. Los resultados obtenidos señalan que el consumo de insumos son indicadores que facilitan la toma de decisiones en el sector agrícola hacia la sostenibilidad, como valor agregado para mejorar la productividad y competitividad de la producción de palma de aceite.

Palabras Clave: Análisis de ciclo de vida, Producción de palma de aceite, Impacto ambiental, sostenibilidad.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Abstract

The present investigation shows the results of applying the methodology of Life Cycle Analysis (LCA), which assesses the environmental impacts generated in the production of oil palm (*Elaeis guineensis*) in Colombia. With the implementation of this standardized tool for ISO 14040, it enables data collection for decision making to minimize emissions of CO₂ from other categories. The environmental assessment considered throughout the life cycle of the production system of oil palm in order to generate strategies for the promotion of oil palm sector and promote productive nucleus impacts, three fundamental aspects of sustainable development are considered: economic, environmental and social, quantifying the inputs and outputs in the growing season. This study was conducted in the Cooperative Palmas de Risaralda (COOPAR) located in the municipality of Zulia, Norte de Santander department.

The categories of impacts to be evaluated are global warming, destruction of the ozone layer, acidification, depletion of abiotic resources, photochemical oxidation, eutrophication, toxicity, resulting from the environmental profile which aimed at reducing the consumption of solutions are proposed energy and generated throughout the life cycle in the production of a hectare of palm oil as a functional unit emissions. Thus develop alternatives that contribute to the mitigation of adverse environmental conditions, so that the production process is sustainable and different scenarios are formulated in obtaining environmentally sustainable final product. The results indicate that consumption of inputs are indicators that facilitate decision making in the agricultural sector towards sustainability, as added value to improve the productivity and competitiveness of palm oil production.

Keywords: Life-cycle assessment (ACV), palm oil production, Environmental impact, sustainability.

Área temática: Ingeniería del Ciclo de Vida.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



INTRODUCCIÓN

La agroindustria de la Palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en Colombia tiene más de 50 años lo que consolida un fortalecimiento en la economía del país y del sector agropecuario ya que cuenta con una superficie cultivada de 450.000 hectáreas y una producción en el año 2014 de un millón ciento ocho mil toneladas de aceite crudo, siendo el cuarto productor mundial de aceite de palma después de indonesia, Malasia, Tailandia y el primero en América. (Fedepalma, 2015).

El cultivo de palma de aceite se caracteriza por ser un cultivo de gran productividad por hectárea/año, el aceite crudo tiene un precio bajo y estable haciéndolo altamente competitivo en el mercado mundial y económicamente viable para la producción de biodiesel, a pesar de esto, muchas veces ha sido cuestionado y aún está sujeto a superar muchos prejuicios en cuanto al impacto ambiental que puede generar su producción, es por eso que se hace necesario la realización de esta investigación al evaluar la sostenibilidad del proceso de obtención de palma de aceite, identificando y cuantificando los flujos de energía y emisiones producidas a través de su ciclo de vida, con el fin de plantear mecanismos que disminuyan estos impactos y la aplicación de tecnologías y procedimientos que hagan esta alternativa más viable técnica, social y económicamente.

La palma de aceite en Colombia está presente 122 municipios y 19 Departamentos, los núcleos de la producción palmera están agrupados en cuatro zonas geográficas, a la zona Norte corresponden las unidades productivas que se ubican en la Llanura caribe (Magdalena, en el Norte de Bolívar, y Norte del Cesar); a la Zona Central las que se asientan en las cuencas del Magdalena medio y del Catatumbo (Sur de Bolívar, Sur del Cesar, Santander y Norte de Santander); a la Zona Oriental pertenecen las que están en el piedemonte y planicies de la Orinoquia (Meta, oriente de Cundinamarca, y Casanare) y a la zona suroccidental las que se ubican en las tierras llanas del extremo meridional del Pacífico colombiano y en las cuencas de los ríos Caquetá y Putumayo (Nariño, Cauca y Caquetá). Con un área sembrada en el año 2014 de 499.000 hectáreas, lo que representa un incremento del 4,8 % respecto al año anterior (477.000 ha). La mayor área de cultivos de palma se encuentra en la zona oriental (184.220 ha), donde se localiza el 40.7 % de la superficie sembrada total, el 33 % se encuentra en la Zona Norte (149.219 ha), el 31.7 % en la zona central (143.643 ha) y el 5 % en la zona occidental (22.415 ha). (Fedepalma 2015.)

Con una producción en el año 2014 de un millón ciento ocho mil toneladas de aceite crudo, el país ocupa el cuarto productor mundial de aceite de palma después de indonesia, Malasia, Tailandia, Colombia lidera la producción de aceite de palma en América, y participa con el 2% de la producción mundial. (Fedepalma, 2015).

El Análisis del Ciclo de vida (ACV), es una herramienta estandarizada por la norma ISO 14040, que evalúa los impactos ambientales de un proceso o producto, y su aplicación posibilita la obtención de datos, para la toma de decisiones que minimicen las emisiones de CO₂ entre otros (Ortiz et al., 2010, 2009).





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



En este artículo se evalúa la sostenibilidad de la palma de aceite considerando sus tres pilares: social, económico y ambiental departamento Norte de Santander, Colombia, utilizando el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) con el fin de permitir evaluar el desempeño ambiental de la producción una tonelada de racimos de fruto fresco (RFF).

Con la aplicación de esta metodología y la realización de este tipo de estudios conllevan a lograr la certificación de sellos verdes reconocidos dando un valor agregado en la producción de palma de aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología de Análisis de Ciclo de vida (ACV).

El estudio se enmarca en el Inventario del Ciclo de Vida, detallando cada una de las etapas del proceso de producción de palma de aceite de la empresa COOPAR, con la finalidad de identificar etapas críticas de materia de impacto al medio ambiente, para este aspecto se siguen los lineamientos de la Norma ISO 14040/44:2006 mediante la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Por lo tanto, para el desarrollo del ACV se definen cuatro fases:

Definición de objetivo y alcance.

En esta fase se define el sistema a estudiar, los límites del estudio, los cuales se refieren a qué procesos van a ser analizados, y la unidad funcional. En este artículo se evaluó la producción de palma de aceite en la Planta extractora de aceite COOPAR, ubicada en el corregimiento de Astilleros, municipio del Zulia, departamento Norte de Santander. Colombia.

A continuación se definen el objetivo, sistema estudiado, límites del estudio y la unidad funcional.

El objetivo de este estudio es aplicar la metodología del ACV en la producción palma de aceite, evaluando y cuantificando los impactos medioambientales potenciales y su viabilidad ambiental, incluyendo la etapa de vivero y establecimiento del cultivo de palma en plantas jóvenes y adultas. Los resultados obtenidos servirán como herramienta en la toma de decisiones para la empresa COOPAR y realizar un mejor aprovechamiento de sus recursos.

El sistema estudiado es el cultivo de palma de aceite analizando las etapas de vivero y establecimiento de plantas jóvenes y adultas; el límite del sistema es el análisis de prácticas como la fertilización, labores culturales y el transporte interno de los insumos utilizados indicando labores que estén generando los mayores impactos ambientales y dar recomendaciones de cuales aspectos haya que mejorar.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Como unidad funcional se definió una hectárea (ha) para vivero y establecimiento del cultivo de palma de aceite.

Análisis de Inventario.

Esta es la segunda fase del ACV, en el inventario se busca recopilar los datos que correspondan a las entradas y salidas de materiales y energía de cada una de las etapas del ciclo de vida del producto. En esta fase la colección de los datos se clasifica de dos formas: a) los datos primarios, que son aquellos obtenidos directamente con la empresa COOPAR, por ejemplo registran valores relacionados principalmente con el consumo de materiales (fertilizantes, bolsas de vivero, consumo de agua) y energía (combustibles) los valores fueron ajustados con relación a la unidad funcional; b) Las fuentes secundarias son las llamadas bases de datos; estas bases proporcionaron la información necesaria para terminar de analizar y elaborar el inventario a través de programas informáticos (base de datos suiza p.e. Ecoinvent) y su validación con el software LCA-Manager

Para la toma de información se optó por el método de muestreo por bloques, que consistió en dividir el sistema en segmentos de estudio (RPS-Qualitas). En el caso de la planta COOPAR, los bloques de estudio representan las diferentes etapas de producción: vivero (0-1 año), establecimiento (1-3 años), etapa joven (3-7 años), etapa adulta (7-25 años).

Evaluación del Impacto.

Para la evaluación de la cantidad de insumos generados durante el proceso productivo de palma, fue necesario evaluar cada una de las etapas por edad de siembra del cultivo en mención, considerando los productos y procesos empleados en cada una de ellas (Stichnothe and Schuchardt, 2011; Gerald et al., 2014).

En este trabajo se utilizan las categorías de impacto propuestas por Guinée et al. (2002) correspondientes al método CML 2001. La metodología CML-2001 define siete categorías de impacto ambiental de un producto o servicio estudiado, estas son: potencial de calentamiento global (GWP), medido en Kg CO₂ Eq.; acidificación potencial (AP), dado en Kg de SO₂ Eq.; eutrofización potencial (EP), expresada en Kg de PO₄ Eq.; oxidación fotoquímica (OF), cuya unidad es Kg de etileno Eq.; Destrucción de la Capa de Ozono (DCO), expresado en Kg CFC-11 Eq.; Toxicidad Humana (TH), cuya unidad es Kg 1,4-DCB eq.; y Agotamiento de Recursos Abióticos (ARA), calculado en Kg de antimonio eq.

Interpretación del ACV.

Durante esta fase se convirtieron los datos recopilados en campo consignados en el inventario en valores de impacto ambiental interpretables. De esta manera se evaluó los impactos ambientales





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



asociados a las entradas y salidas de insumos en el sistema productivo. Para el procesamiento de los datos recopilados en la empresa COOPAR y los obtenidos de la base de datos suiza Ecoinvent, se utilizó el programa LCManager versión 1.3 (Simple, España).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL
 CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

En la Tabla 1 se registran las entradas de insumos y energía con las cantidades utilizadas para el cultivo de palma de aceite en la empresa COOPAR. Allí se observan las variaciones en las entradas de cada uno de los sistemas estudiados.

Los resultados de impacto ambiental se representan por porcentaje de impacto generado en la tabla 2 para la producción de una hectárea de palma de aceite en la etapa de vivero, establecimiento (planta joven y adulta), se adquirieron según el método CML 2001 y por el software LCManager 1.3

En la fase de interpretación se combinaron los resultados del análisis de inventario con la evaluación de impacto así se permitió determinar la fase del ciclo de vida de la palma de aceite donde se generaron las principales cargas ambientales y de esta forma identificar las etapas del sistema evaluado que se pueden mejorar.

Flujo	Valor	Unidad
Vivero (0-1 año)		
Úrea	0,40	kg
Bolsas plásticas	0,04	kg
Sulfato de magnesio	0,27	kg
Compost	1,50	kg
Cal	1,00	kg
DAP	0,13	kg
Establecimiento (1-3 años)		
Úrea	0,50	kg
Sulfato de magnesio	0,27	kg
ACPM	0,11	kg
Aceite para motor	0,26	kg
Boráx	0,08	kg
Borato de sodio	0,03	kg
Etapa joven (3-7 años)		
Úrea	1,00	kg
Sulfato de magnesio	0,27	kg
Cloruro de potasio	0,50	kg
Boráx	0,08	kg
Borato de sodio	0,03	kg
Ditiocarbamate	0,01	kg
Glifosato	0,20	kg
Triazina	0,15	kg
Piridina	0,01	kg
Clorotalonil	0,02	kg
Benzimidazol	0,02	kg
Captan	0,02	kg
ACPM	0,11	kg
Aceite para motor	0,26	kg
Etapa adulta (>7 años)		
Úrea	1,00	kg
Sulfato de magnesio	0,27	kg
Cloruro de potasio	0,50	kg
Boráx	0,08	kg
Borato de sodio	0,03	kg
Ditiocarbamate	0,01	kg
Glifosato	0,20	kg
Triazina	0,15	kg
Piridina	0,01	kg
Clorotalonil	0,02	kg
Benzimidazol	0,02	kg
Captan	0,02	kg
ACPM	0,11	kg
Aceite para motor	0,26	kg

Tabla 1. Entradas de Insumos y energía por edad y etapa de cultivo



En la tabla 2 se caracteriza el perfil ambiental obtenido a nivel general en todo el proceso productivo, entorno sus diferentes etapas: vivero, establecimiento en planta joven y planta adulta, considerando los aspectos ambientales de: calentamiento global, acidificación, toxicidad humana, eutrofización, destrucción capa de ozono, oxidación fotoquímica y agotamiento de recursos abióticos. Con estos datos se puede interpretar que el sulfato de magnesio es el insumo que mayor impacto genera en la etapa de vivero, con un 43% seguido de la úrea con un porcentaje del 40%, mientras que en establecimiento la úrea es el insumo que mayor impacto genera con un porcentaje del 41%, seguido de un 35% procedente del empleo del sulfato de magnesio. Por el contrario, en la etapa joven y adulta la triazina genera mayor impacto, con porcentajes del 89% en ambas etapas; donde la cal, borato de sodio, cloruro de potasio, ditiocarbamato, captan y clorotalonil, no generan ningún tipo de impacto.

Tabla 2. Reporte porcentual de impacto ambiental para cada etapa de producción de palma de aceite

Insumos	Porcentaje de impacto generado por edad del cultivo de palma			
	Vivero (0-1 años)	Establecimiento (1-3 años)	Joven (3-7 años)	Adulto (7-25 años)
Urea	40%	41%	1%	1%
Sulfato de magnesio	43%	35%	0%	0%
Abono orgánico	10%	-	-	-
Cal	0%	-	-	-
DAP	5%	-	-	-
Bolsas plásticas	2%	-	-	-
Boráx	-	3%	0%	0%
Borato de sodio	-	0%	0%	0%
ACPM y/o Gasolina	-	6%	0%	0%
Aceite para motor	-	14%	0%	0%
Ditiocarbamato	-	-	0%	0%
Glifosato	-	-	1%	1%
Triazina	-	-	89%	89%
Piridina	-	-	7%	7%
Clorotalonil	-	-	0%	0%
Benzimidazol	-	-	1%	1%
Captan	-	-	0%	0%

Con estos resultados se obtuvo el perfil ambiental demostrando que la etapa de establecimiento es la que más influye en las categorías representados en la figura 1.

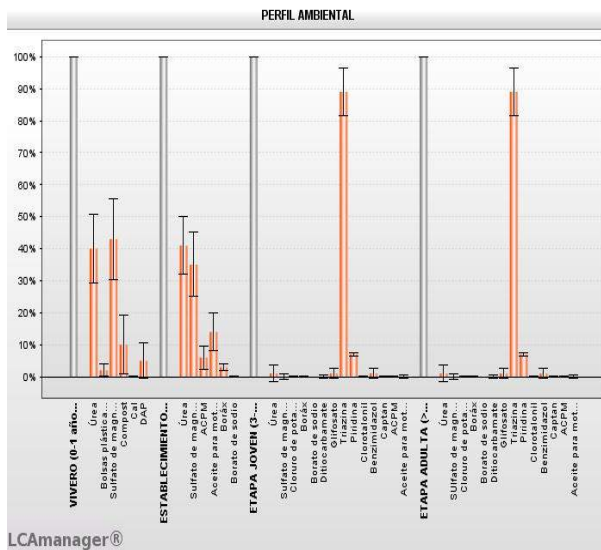


Figura1: Perfil ambiental en las diferentes etapas del cultivo de palma de aceite.

Respecto a la evaluación del impacto ambiental del cultivo para una hectárea de palma de aceite en el departamento Norte de Santander se dice que la palma de aceite según (Chan, Palma Vol. 24 No. 4, 2003) está entre los cultivos con la capacidad de capturar CO₂ por palma y en plantación almacena gran cantidad de CO₂, teniendo una sostenibilidad ambiental, determinando que los impactos generados en la categoría CG no son al CO₂, sino que actúan otros gases de efecto invernadero como NO, CO, N₂O. y CH₄, por lo que posteriores procedimientos de cálculo para encontrar los balances emisión-captura CO₂ necesitan ser desarrollados.

CONCLUSIONES

El análisis de los datos reveló que la utilización de los fertilizantes tales como la úrea y sulfato de magnesio en la etapa de vivero es la fuente de mayor impacto ambiental con aproximadamente un 83% del total de las emisiones en cada una de las etapas donde éstos eran utilizados, lo cual genera el aumento del Calentamiento Global debido a la producción de CO₂, CO y N₂O durante la producción y utilización de esos fertilizantes en la etapa de vivero.

La toxicidad humana es causada principalmente por la emisión de amoníaco y arsénico a la atmósfera, derivada también de la producción de los productos fertilizantes y pesticidas.

Los indicadores de impacto ambiental que fueron evaluados mostraron la influencia que tiene cada etapa del cultivo por categoría ambiental en donde se analizan los puntos críticos a los cuales se les pueda desarrollar algún tipo de acción de mejora en el proceso con enfoque en el aspecto ambiental.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Es de suma importancia mejorar la aplicación de los fertilizantes a base de nitrogenados para disminuir de manera significativa el impacto que produce en la eutrofización y acidificación del agua y el suelo.

Los fertilizantes son los que generan mayor impacto en la categorías de (CG) y (TH), seguido en menor escala la cantidad de las energías por lo combustibles gastado en la recolección del fruto. En la etapa de vivero y el establecimiento del cultivo de palma donde el consumo de fertilizantes de urea y sulfato de magnesio, fue el que más aportó con en la categorías de los impactos con un 81 % y 75 % respectivamente. La decisión más adecuada sería el reemplazamiento de cierta cantidad por abonos orgánicos, no es su totalidad, pero si en un 40 o 50 % de abonos orgánicos contienen una gran cantidad de carbono y más elementos de nutrición ayudando para la fertilidad del suelo, y proporcionando los nutrientes siendo más amigable con el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Best Developed Practices and Sustainable Development of the Oil Palm Industry Chan Kook Weng (Chan, Palma Vol. 24 No. 4, 2003).

Cooperativa de Palmas Risaralda (COOPAR), 2014. Información interna. Descripción de etapas del proceso productivo del cultivo palma de aceite.

Gorrée, M., Guinée, J. B., Huppes, G., & Van Oers, L. (2002). Environmental life cycle assessment of linoleum. The International Journal of Life Cycle Assessment, 7(3), 158-166.

La Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA). Informe gremial regional, Zona Central. Febrero. 2015.

ISO 14040 (2006): Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco de la Organización Internacional de Normalización (ISO), Ginebra.

Ortiz, O; Castells, F; Sonnemann, G. 2009. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Review Construction and Building Materials, Vol. 23: 28-39 p.

Ortiz, O; Castells, F; Sonnemann, G. 2010. Life cycle assessment of two dwellings: One in Spain, a developed country, and one in Colombia, a country under development. Review Science of the Total Environment, Vol. 408, 2435-2443p.

RPS-Qualitas MÉTODOS DE MUESTREO Consultoría de Calidad y Laboratorio S.L. En línea:
http://www.rpsqualitas.es/documentacion/downloads/ensayos/metodos_de_muestreo.pdf.

Stichnothe, H., & Schuchardt, F. (2011). Life cycle assessment of two palm oil production systems. Biomass and Bioenergy, 35(9), 3976-3984.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



**ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE DEPURACIÓN DE *Eichhornia crassipes*,
Crypsogon zizanioides y *Typha latifolia*, RESPECTO A PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO EL GUAYABAL
UTILIZANDO HUMEDALES ARTIFICIALES**

Alba Nely Arévalo ^{1*}, Sandra Lorena Vélez ², Yelis Ariadna Hernández ³, Ph. D. Jacipt Alexander Ramón ⁴

c.Msc. Alexis Medina Sánchez ⁵.

1: Ingeniero Civil, Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia

2: Estudiante de pregrado Ingeniería Biotecnológica. Cúcuta, Colombia

3: Estudiante de pregrado Ingeniería Biotecnológica. Cúcuta, Colombia

4: Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona .Pamplona Norte de Santander.

5: Programa de Ingeniería Biotecnología, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, UFPS.

Ingeniero de Biorremediación, Cúcuta, Colombia

Aseo Urbano S.A. E.P.S.

* albaarevalovergel@hotmail.com.

Resumen

La presente investigación consistió en la implementación de humedales artificiales utilizando las especies vegetales *Eichhornia Crassipes*, *Crypsogon Zizanioides* y *Typha Latifolia*, para evaluar el comportamiento de depuración de lixiviado proveniente de la compactación de las basuras del relleno sanitario Guayabal (Cúcuta). La evaluación del sistema consto de un periodo de 10 semanas, con un tiempo de retención de 5 días para cada uno de los sistemas, en los cuales se analizaron in situ los parámetros diarios pH, temperatura, TDS y conductividad; se tomaron muestras semanales para el análisis en el laboratorio de los parámetros acidez, alcalinidad, dureza, DBO5, solidos totales, solidos disueltos totales, solidos suspendidos volátiles, DQO, grasas y aceites, nitrógeno amoniacal, nitritos, sulfatos y fosfatos; muestras al inicio y final del proyecto para el análisis de los parámetros metales pesado, coliformes totales y fecales. Tras el periodo de monitoreo se determinó que la especie vegetal *Typha latifolia* alcanzó los valores máximos de remoción en la mayoría de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados; de manera semejante *Crypsogon zizanioides* tuvo remociones con una diferencia mínima inferior.

Palabras Clave: *Eichhornia Crassipes*, *Crypsogon Zizanioides* y *Typha Latifolia*, humedales artificiales, lixiviado, remoción, tiempo de retención.

Área temática: (Definir el área de acuerdo al SIMA 2015)





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Abstract: This research involved the implementation of artificial wetlands using plants *Eichhornia crassipes*, *Cryspogon zizanioides* and *Typha latifolia*, to evaluate the behavior of leachate purification from compacting garbage landfill Guayabal (Cúcuta). It consists assessment system a period of 10 weeks, with a retention time of 5 days to each of the systems, which were analyzed in situ parameters daily pH, temperature, conductivity and TDS; weekly samples for laboratory analysis parameters acidity, alkalinity, hardness, BOD5 were taken, total solids, total dissolved solids, volatile suspended solids, COD, fats and oils, ammonia nitrogen, nitrates, sulfates and phosphates; samples at the beginning and end of the project for the analysis of heavy metal parameters, total and fecal coliforms. After the monitoring period was determined that the plant species *Typha latifolia* reached the maximum values of removal in most chemical and microbiological parameters evaluated; similarly *Cryspogon zizanioides* had a lower minimum difference.

Keywords: *Eichhornia Crassipes*, *Cryspogon Zizanioides* y *Typha Latifolia*, artificial wetlands, leachate, removal, retention time.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población y los cambios en el estilo de vida han traído consigo modificaciones en el ambiente como es el aumento en la producción de basuras. Colombia reporto en el 2014 un promedio diario de 31.000 toneladas de basura (Silva, 2014). Los productos comerciales desechables, los plásticos, productos de aseo, desechos de cocina, papeles, envoltorios, botellas, entre otros, son algunos de los materiales que podemos encontraren los desechos.

Usualmente se desconoce cuál es el destino final de los residuos sólidos después de ser descartados, tras ser recogido por una entidad prestadora de servicios públicos, como Aseo Urbano en la ciudad de Cúcuta - Colombia. Estas entidades se encargan de aplicar métodos de disposición final de residuos sólidos, entre los cuales están la Incineración, Trituración, Separación de los Materiales para Reciclar o la Disposición Final en Relleno Sanitario, método utilizado por Aseo Urbano. A partir de los residuos sólidos producidos a nivel doméstico e industrial, se generan lixiviados que son tratados aplicando el sistema de evaporación natural. Este método se caracteriza por ser económico y de bajo mantenimiento, sin embargo la evaporación permite la emisión de compuestos orgánicos volátiles presentes en el mismo que se consideran nocivos para la salud humana, degradan la capa de ozono y generan smog a nivel troposférico. Otras consecuencias son las posibles infiltraciones en aguas subterráneas o el rebosamiento de las lagunas con las lluvias.

En los últimos años, los sistemas alternativos de tratamiento biológico han sido promovidos para la depuración de contaminantes; las plantas acuáticas denominadas también macrófitas, cumplen un papel muy importante en estos sistemas. Este tipo de plantas por medio del proceso de Fitorremediación disminuyen la concentración y remueven los contaminantes de los sustratos, como es el caso de las plantas, *Eichhornia Crassipes*, *Cryspogon Zizanioides* y *Typha Latifolia*, convirtiéndolas en una herramienta para el tratamiento de lixiviados.



El uso de humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales ha aumentado mucho en los últimos años, dando resultados positivos ya que estas plantas operan casi a velocidades de flujo y caudal constante, solo manteniendo un tiempo de retención constante para que puedan realizar su actividad biológica.

Teniendo en cuenta lo anterior, Aseo Urbano S.A. E.S.P. en conjunto con la maestría en ingeniería ambiental de la Universidad de Pamplona y el Plan de Estudios de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad Francisco de Paula Santander, propusieron la implementación de un sistema de tratamiento biológico de lixiviados, que permitieran la remoción de contaminantes, con bajo costo operacional, de poco mantenimiento, que se integre con el paisaje natural de la zona y que contribuya al mejoramiento del medio ambiente disminuyendo las emisiones de gases que se generan durante la evaporación natural, y ofreciendo la posibilidad de reutilizar el recurso hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Determinación de la concentración de lixiviado que se utilizó en el sistema de humedales artificiales.

El lixiviado procedente de los rellenos sanitarios concentra todo tipo de sustancias contaminantes. Las plantas acuáticas tienen la capacidad de depurar la materia orgánica presente en cuerpos de agua, así como la de bioacumular metales pesados. Sin embargo todas estas plantas manejan niveles máximos de contaminación a los cuales pueden ser expuestas y sobrevivir a los mismos.

Con el fin de determinar cuál es la concentración tolerada por las plantas acuáticas, se preparó diferentes concentraciones de lixiviado-agua, y se experimentó realizando la exposición de los tres tipos de plantas. El lixiviado fue tomado directamente de la tubería principal como se muestra en la figura 1 del relleno sanitario el Guayabal.

Figura 1. Toma de muestras de lixiviado.



2.1.1 Determinación de la concentración

En cada recipiente se instaló un sustrato de grava y arena para asemejar las condiciones de humedal artificial, luego se plantaron los tres tipos de plantas a utilizar en el experimento y finalmente se agregó la mezcla lixiviado-agua a diferentes concentraciones. Después de experimentar se encontró que la concentración ideal para la puesta en marcha del sistema era 15% de lixiviado. El procedimiento aplicado para adaptar las plantas a la concentración establecida consistió en adicionar

semanalmente alícuotas de lixiviado de modo que luego de 6 semanas las plantas se encontraban en una condición favorable y adaptadas a recibir el lixiviado en estas concentraciones como se observa en la tabla 1.

Tabla 1 Concentración de las diferentes soluciones de lixiviado.

LIXIVIADO ml	AGUA ml
100	0
80	20
60	40
40	60
20	80
15	85
10	90
5	95

2.1.2 Procedimiento:

- Montaje de las canecas sobre los armazones
 - Montaje del tanque que provee la solución de lixiviado
 - Ensamble de la tubería principal
 - Instalación de la Poli sombra
 - Fabricación de las Barreas del Biofiltro
 - Determinación del Caudal
 - Regulación del caudal en cada llave de tratamiento
 - Instalación del Plástico protector
- Para iniciar con la puesta en marcha del sistema, se requirió el acondicionamiento de varios factores. Cada tratamiento consistió de tres repeticiones con dos etapas, la primera etapa sobre el armazón metálico y la segunda en suelo, de modo que se pueda garantizar el flujo continuo del sustrato, como se observa en la figura 2.

Figura 2. Montaje del humedal con los tres sistemas con las diferentes especies vegetales.



2.2 Evaluación y Seguimiento de los Sistemas de Tratamiento



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Durante el desarrollo de la investigación el control y evaluación de parámetros se realizó teniendo en cuenta los análisis de los resultados de laboratorio, con el fin de interpretar el comportamiento del sistema y su funcionalidad. La evaluación de los parámetros en el proceso se llevó a cabo durante un monitoreo de 10 semanas, en la cual se evaluaron diariamente los parámetros de pH, temperatura, TDS y conductividad; semanalmente los parámetros de acidez, alcalinidad, dureza, DBO5, sólidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos volátiles, DQO, grasas y aceites, nitrógeno amoniacal, nitritos, sulfatos y fosfatos, determinando si el proceso llevado a cabo en el biofiltro presenta eficiencia.

Los métodos analíticos han sido extraídos del Standard Methods for the Examination of Water APHA (1995).

Citas bibliográficas y referencias

Para las citas bibliográficas se utilizara el formato Autor-Año de la siguiente manera:

Un autor: (Apellido, Año). Ejemplo: (González, 2010)

Dos Autores: (Apellido1 y Apellido2, Año). Ejemplo (Garzón y Collazos, 1999)

Tres Autores o más autores: (Apellido1 et.al., Año) Ejemplo: (Gómez et.al., 2003)

Las referencias se deben listar en orden alfabético de acuerdo con las indicaciones de la sección 6.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de la Mezcla de Lixiviado

Para iniciar con el tratamiento Biológico de la mezcla de lixiviado, se realizó un análisis fisicoquímico, microbiológico y de metales pesados al mismo, para poder determinar al final del periodo de evaluación la cantidad de contaminante removido. A continuación en la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 2. Resultados de la Caracterización del Lixiviado al 15% y al 100% y comparación con la norma.

PARAMETRO	15% DE LIXIVIADO	LIXIVIADO PURO	RESOLUCION 0631 DEL 2015	OBSERVACION
Temperatura	29,6° C	--	--	--
pH	8,53	--	de 6 a 9	Entre la norma
Conductividad (ms/cm)	5,22	34,80	--	--
TDS (ppt)	3,7	24,67	--	--
Acidez	178,33	1188,87	Análisis y	--





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



(mg/LCaCO3)			Reporte	
Alcalinidad (mg/L CaCO3)	716,63	4777,53	Análisis y Reporte	--
Dureza (mg/LCaCO3)	6483,33	43222,20	Análisis y Reporte	--
OD (mg O2/L)	24,53	163,53	--	--
DBO5 (mg O2/L)	1080	7200	800	Mayor a lo permitido
DQO (mg O2/L)	1728	11520	2000	Mayor a lo permitido
ST (mg/L)	2,72	18,13	--	--
SST (mg/L)	0,06	0,40	400	Entre la norma
SSV (mg/L)	0,008	0,053	--	--
Coliformes Fecales		0	--	--
Coliformes Totales		0	--	--
Grasas y Aceites (mg/L)	42,11	280,73	50	Mayor a lo permitido
Nitrógeno Amoniacal (mg/L)	23,55	157	Análisis y Reporte	--
Nitritos (mg/L)	0,11	0,73	Análisis y Reporte	--
Sulfatos (mg/L)	242	1613,3	600	Mayor a lo permitido
Fosfatos (mg/L)	62,1	414	Análisis y Reporte	--
Pb (mg/L)	< 0,052	--	0,2	--
Cu (mg/L)	< 0,0155	--	1	--
Fe (mg/L)	2,36	15,73	--	--
Ni (mg/L)	< 0,085	--	0,5	--
Cd (mg/L)	< 0,015	--	0,05	--
Cr (mg/L)	< 0,109	--	0,5	--
Hg (mg/L)	<0,0023	--	0,01	--
Zn (mg/L)	0,161	1,07	3	Entre la norma

3.2 Porcentajes de Remoción

Los porcentajes de remoción de los diferentes parámetros se muestran a continuación en la tabla 3.



Tabla 3. Porcentajes de remoción

PARAMETRO	%		
	BUCHÓN	JUNCO	VETIVER
Acidez (mg/LCaCO3)	83	88	80
Alcalinidad (mg/L CaCO3)	78	80	80
Dureza (mg/LCaCO3)	91	93	93
DBO5 (mg O2/L)	22	20	24
DQO (mg O2/L)	26	30	29
Grasas y Aceites (mg/L)	61	63	61
Nitrógeno Amoniacal (mg/L)	79	82	82
Sulfatos (mg/L)	75	75	78
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	63	70	68
Coliformes Totales (UFC/100 ml)	66	68	74

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos del análisis de la capacidad de depuración de *Eichhornia crassipes*, *Cryspogon zizanioides* y *Typha latifolia*, respecto a parámetros fisicoquímicos de lixiviados de relleno sanitario El Guayabal utilizando humedales artificiales, se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- A partir de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de metales pesados, se identificó el lixiviado proveniente del relleno sanitario Guayabal como una sustancia altamente contaminante, que si llegara a estar en contacto con un cuerpo de agua, podría ocasionar graves problemas de



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



contaminación debido a los niveles altos de DBO5, DQO, coliformes fecales y totales, Metales pesados entre otros.

- Para poder realizar un proceso de Fitorremediación sobre un sustrato que presenta alta diversidad de compuestos químicos contaminantes, empleando humedales artificiales, se requiere determinar por medio de ensayos de exposición, cual es la concentración máxima a la que las plantas sobreviven, como se evidencio en esta investigación al determinar que la concentración de lixiviado a la que las tres especies vegetales toleran era la del 15%.
- Las especies vegetales presentaron comportamientos diferentes en la adaptación a la mezcla de lixiviado; *Eichhornia crassipes* requiere de un proceso de adaptación de mayor tiempo debido a que tarda más en asimilar la carga contaminante, *Typha latifolia* presenta muerte de todo el material vegetal para renacer con brotes adaptados al medio en el que se encuentra y *Crysopogon zizanioides* se adapta inmediatamente a la mezcla de lixiviado, sin presentar muerte vegetal lo que demuestra que referente a la adaptación es la especie más indicada para llevar el proceso de biorremediación.
- Los bajos porcentajes de remoción obtenidos en los parámetros de DBO5 y DQO, indican que se requiere de un tratamiento primario que permita disminuir la concentración las sustancias contaminantes presentes en el lixiviado, de modo que la planta pueda optimizar su proceso de depuración; sin embargo cabe destacar que la especie vegetal más eficiente en la remoción de estos parámetros fue *Crysopogon zizanioides*.
- La especie vegetal *Typha latifolia* alcanzo los valores máximos de remoción en la mayoría de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados; de manera semejante *Crysopogon zizanioides* tuvo remociones con una diferencia mínima inferior.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aulestia Aguilar, K. L. (2012). Respuestas fisiológicas de tres especies vegetales nativas sometidas a tratamiento con lixiviado de relleno sanitario [recurso electrónico] (Doctoral dissertation).

Arce, S., Azuaje, J., Hernández, Á., & Marcó, L. Uso de *Chrysopogon zizanioides* para la fitorremediación de suelos contaminados por As y Hg.

Análisis Bacteriológico de Aguas Residuales Crudas y Tratadas en Lagunas de Estabilización.

Buendia navarro S. K., & y Martinez, R. C. J.(2013) estudio comparativo de *Eichhornia crassipes*, *Crysopogon zizanioides* y *Typha* en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas mediante un sistema experimental de humedales artificiales en la empresa agua de los patios s.a. e.s.p.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Benítez, R., Calero, V., Peña, E., & Martín, J. (2011). Evaluación De La Cinética De La Acumulación De Cromo En El Buchón De Agua (*Eichhornia crassipes*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(2), 66-73.

Contreras, A. Á., & Gelvez, J. H. S. (2006). Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario "El guayabal" de la ciudad San José de Cúcuta. *Ingeniería y desarrollo: revista de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte*, (20), 95-105.

CORENA LUNA, M. J. *Sistemas de Tratamientos para Lixiviados generados en Rellenos Sanitarios*, Universidad de Sucre.

HERRAMIENTA PARA LA SIMULACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN SUELOS

Wilson Alberto Contreras¹, José Orlando Maldonado^{2*}, Danny Bravo³

1: Dpto. de Matemáticas, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.

2: Dpto. de Ingenierías EEST, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.

3: Dpto. de Matemáticas, Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.

* 1 wcontre@gmail.com, 2 orlmaldonado@gmail.com, 3 dannybravo6@gmail.com

Resumen

Los modelos computacionales son herramientas útiles en la mayoría de las áreas de conocimiento y pueden ser fácilmente utilizados para visualizar el comportamiento de sistemas complejos utilizados muy frecuentemente, problemas que se presentan en la labor científica cotidiana. En este trabajo se presenta un modelo sencillo para simular el fenómeno del transporte, descrito mediante la lixiviación y degradación de contaminantes en el suelo. Esta información es requerida con frecuencia para la reglamentación oficial de pesticidas. El modelo se implementará en Matlab y deberá tener una interfaz gráfica de usuario (Gui) que le permita cambiar fácilmente el valor de los diferentes parámetros del modelo y obtener representaciones gráficas de los resultados. Se proponen también diferentes posibilidades de aplicación del modelo para las clases prácticas de modelamiento agua, aire y suelo; química de suelos, físico química de suelos y conservación de suelos.

Palabras Clave: Concentración de pesticidas, solución numérica ecuación dispersión-advección.

Área temática: (Definir el área de acuerdo al SIMA 2015)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



La agricultura intensiva es una de las actividades señalada como causante de un fuerte impacto ambiental, debido fundamentalmente a problemas de contaminación por el uso de pesticidas y fertilizantes. Los pesticidas son productos químicos, normalmente de naturaleza orgánica y sujetos a volatilización y degradación en los suelos, destinados a luchar contra las plagas, enfermedades y malas hierbas que disminuyen la producción de los cultivos agrícolas. Pueden ser insecticidas si se utilizan contra plagas de insectos, fungicidas si se utilizan contra hongos, bactericidas, herbicidas, etc.

El uso de estos productos es necesario para asegurar una producción de calidad que garantice la rentabilidad al agricultor, pero, en ocasiones, las prácticas agrícolas no adecuadas o el uso incorrecto de estas sustancias pueden ocasionar problemas de contaminación (Laegreid et.al., 1999). La contaminación ambiental por plaguicidas y fertilizantes en áreas de cultivo esta, en gran medida, relacionada con las características toxicológicas y físico químicas de estos compuestos, por lo que el conocimiento de su comportamiento en el suelo puede mejorar los criterios que se siguen en la actualidad para la aplicación de los mismos y predecir una posible contaminación del suelo y el agua.

La gran cantidad de sustancias utilizadas, la gran variedad de suelos y de sistemas de aplicación existentes hacen que sea complicado describir de forma general el comportamiento de los pesticidas.

En el sistema suelo-agua-planta el destino del producto vendría determinado por una serie de procesos físicos, químicos y biológicos cuya intensidad dependería de las propiedades del suelo y las del pesticida.

Hasta la aparición de efectos ambientales adversos, el enfoque en el análisis de las propiedades de los pesticidas se concentraba en su efectividad para el control de plagas. Actualmente, es mucho más importante analizar su destino ambiental: toxicidad, transporte, degradación, etc. De este modo, para que un pesticida se pueda aplicar, la legislación exige, entre otros requisitos, la realización de una serie de ensayos de campo y de laboratorio que permitan evaluar su comportamiento en el medio natural.

En concreto, se examinan:

La toxicidad de un pesticida y sus productos de degradación sobre plantas y animales.

El destino químico y el transporte del pesticida en el suelo, el aire y el agua.

A partir de datos obtenidos experimentalmente se pueden elaborar modelos de simulación que, una vez calibrados, permiten ampliar el conocimiento sobre el sistema estudiado en situaciones que no se han medido experimentalmente. El modelado matemático como herramienta de descripción es aplicable en la mayoría de las áreas de conocimiento y permite el estudio del comportamiento de los sistemas complejos.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5**



La simulación es una técnica que facilita el aprendizaje activo (Andreu, 2008); los alumnos adquieren el aprendizaje a través de las decisiones que toman a lo largo de la tarea y su utilización implica tres fases:

Fase de información. Se marcan los objetivos a conseguir y los alumnos buscan la información necesaria.

Simulación. En este caso, utilizando el programa desarrollado.

Evaluación y análisis de la situación. Permite a los estudiantes interpretar los resultados.

Con esta técnica el alumno aprende a interpretar las características del pesticida y del suelo, conocimiento que le va a permitir tomar decisiones acertadas en un hipotético uso futuro del mismo.

Dada la importancia del estudio de los pesticidas, se ha considerado conveniente desarrollar un modelo sencillo del transporte de pesticidas en el suelo, que pueda ser utilizado en clases prácticas de simulación. El uso de un modelo de este tipo, permite analizar el efecto de la aplicación de insecticidas y herbicidas. Para utilizar el modelo, hay que conocer las propiedades físico químicas del producto estudiado.

Estas características estén recogidas en las etiquetas de los productos comerciales.

Los alumnos de las carreras ingeniería ambiental, zootecnia e ingeniería agronómica, aprenden a interpretar estas etiquetas en las clases teóricas en las asignaturas de Modelamiento agua, aire y suelo del VIII semestre del programa de ingeniería ambiental; química de suelos del III semestre del programa de zootecnia; físico química de suelos del V semestre y conservación de suelos del VI semestre del programa de ingeniería agronómica; asignaturas obligatorias de los diferentes programas mencionados anteriormente de la Universidad de Pamplona. Entre los objetivos de estas asignaturas se encuentran el estudio y manejo de los pesticidas, conocer sus propiedades y características y la interpretación de su comportamiento en el medio ambiente.

MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

Modelo de Transporte de Pesticidas en el Suelo.

Se da a conocer el fenómeno del transporte, descrito mediante la lixiviación y degradación de contaminantes en el suelo, mediante la ecuación convección-dispersión, para lo cual se estudiará la solución analítica dada por Freijer (Freijer et al., 1998) y se desarrollará en primera instancia un programa que simule la solución numérica y en segundo lugar se desarrollará un método numérico para hallar su solución aproximada y su posterior comparación con la solución exacta. Cabe resaltar que esta ecuación tiene unas condiciones de contorno bastante complejas y además son adecuadas para describir el movimiento y degradación del soluto (Van Genuchten y Alves, 1982), (Van Genuchten y Parker, 1984), (Veling, 1993), (Toride y Van Genuchten, 1995).

En el artículo (Freijer et al., 1998), Freijer valida su hipótesis mediante los resultados obtenidos con la solución analítica de la ecuación convección-dispersión haciendo comparaciones con datos experimentales existentes de transporte de pesticidas en una columna de suelo. Estos experimentos, como se ha mencionado anteriormente, son utilizados frecuentemente para tomar datos





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



cuantitativos del movimiento y transformación de pesticidas en el suelo. Este tipo de experimentos son requeridos para la aceptación de nuevos pesticidas por parte de las agencias de protección del medio ambiente EPA y la BBA

Descripción del Modelo.

Se presenta un modelo para describir la lixiviación y la degradación de un pesticida en un tipo específico de experimento de la columna. Esta información es requerida con frecuencia para la reglamentación oficial de pesticidas. En dicho experimento de la columna (BBA, 1986), se prepara una mezcla de suelo y pesticida con una cierta concentración total inicial. Esta mezcla se coloca como una capa con un espesor de 2 cm encima de una columna del mismo tipo de suelo. La columna de tierra debe tener una longitud de 28 cm y un diámetro de 5 cm. La capa delgada es así bastante pequeña comparada con la longitud de la columna. El suelo en la columna está saturado con agua antes de colocar la capa en ésta. El agua se suministra por encima, con una tasa conocida constante, que induce el transporte del pesticida de la capa superior que contiene el pesticida hacia abajo. El BBA [8] recomienda un período de lixiviación de dos días en un flujo de Darcy de 0.10 md⁻¹. Alternativamente, US-EPA (EPA, 1978) sugiere, para residuos antiguos de pesticidas, un período de lixiviación de 45 días en un flujo de Darcy de 0,0125 md⁻¹. Aunque el último guión esté pensado para residuos antiguos, puede ser aplicado también a mezclas frescas de suelo y pesticida. En el fondo de la columna hay desagüe. En el suelo empacado y la capa delgada, el pesticida es redistribuido sobre las fases sólidas y líquidas, y degradado por microorganismos, lo cual hace que la concentración cambie en el tiempo y el espacio. Durante el experimento, el efluente es reunido y es analizado. Después de que un cierto período en el que ha habido lixiviación, el experimento se detiene y la columna de suelo se secciona en varias capas, las cuales son analizadas separadamente. Desarrollo del modelo.

Los cuatro procesos considerados cuando se modela la lixiviación en la columna son advección y dispersión unidimensionales a través de la fase líquida, sorción a la fase sólida, y a la degradación biológica. La ecuación que describe el balance de masa en la columna es, (las ecuaciones para éste modelo son dadas por (Freijer et.al., 1998)

$$\frac{\partial X}{\partial t} = -\frac{\partial J_s}{\partial z} - k * X \tag{2.1}$$

Donde X (Kg m³) es la concentración total del pesticida, t (d) es el tiempo, z (m) es la distancia, y k (d⁻¹) es la constante de degradación. Esta tasa constante está relacionada con la vida media del compuesto por

$$T_{50} = \frac{Ln(2)}{k} \tag{2.2}$$





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



El flujo total transportado J_s ($\text{Kg m}^{-2} \text{d}^{-1}$) es la suma del transporte advectivo y dispersivo:

$$J_s = v * \theta * C - D * \theta * \frac{\partial C}{\partial z} \quad (2.3)$$

Donde v (m d^{-1}) es la velocidad del agua en el poro, θ ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) el contenido de agua, y C (Kg m^{-3}) la concentración residente en la fase líquida. El coeficiente de dispersión, D ($\text{m}^2 \text{d}^{-1}$), incluidas la difusión y la dispersión hidrodinámica es

$$D = D_0 * \kappa + \alpha * v \quad (2.4)$$

Donde D_0 ($\text{m}^2 \text{d}^{-1}$) es el coeficiente de difusión en el agua, κ el factor de la matriz del terreno, y α (m) es la longitud de la dispersión. La concentración total es igual a la suma concentración de la fase sólida y la concentración de la fase líquida.

$$X = \theta * C + \rho * Y \quad (2.5)$$

Donde Y (Kg Kg^{-1}) es la concentración en la fase sólida, y ρ (Kg m^{-3}) la densidad de la masa seca. Se asume que el pesticida en la fase sólida y la fase líquida está en el equilibrio de acuerdo con un isoterma lineal:

$$Y = K_{oc} * f_{oc} * C \quad (2.6)$$

Donde K_{co} ($\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$) es el coeficiente de adsorción de referencia de la materia orgánica, y f_{oc} (kg kg^{-1}) la materia orgánica contenida. Combinando las ecuaciones se obtiene la ecuación de gobierno,

$$R * \frac{\partial C}{\partial t} = D * \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - v * \frac{\partial C}{\partial z} - R * k * C \quad (2.7)$$

con el factor de retardación, R , definido como

$$R = 1 + \frac{\rho * f_{oc} * K_{oc}}{\theta} \quad (2.8)$$

Al llegar a la ecuación (2.7), se han tenido en cuenta las siguientes suposiciones: (i) el contenido de agua, la velocidad del flujo, y el coeficiente de dispersión son constantes; (ii) la advección y la dispersión ocurren sólo en dirección vertical; (iii) el factor de retardación es independiente de la concentración; (iv) las transformaciones en la fases líquida y sólida ocurren en la misma tasa.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Condiciones iniciales y de contorno.

La capa que contiene inicialmente al pesticida se considera que forma parte de la columna, y es incorporada en las condiciones iniciales. El dominio del modelo está dado desde $z = -l$ a $z = \infty$. Las condiciones iniciales son:

$$C(z,0) = C_0, \quad -l < z \leq 0 \quad (2.9)$$

$$C(z,0) = 0, \quad 0 < z \leq \infty \quad (2.10)$$

Donde C_0 (kg m^3) es la concentración inicial y l (m) es el espesor de la primera capa añadida a la columna de tierra. Son necesarias dos condiciones de contorno. En la definición de la condición de contorno superior se asume que el agua agregada en esta parte de la columna es libre de pesticida. Además, se asume que no hay declive de la concentración en la profundidad infinita. Por consiguiente, las condiciones de la frontera son dadas como:

$$v * C(-l,t) - D * \frac{\partial C}{\partial z}(-l,t) = 0, \quad t \geq 0, \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial C}{\partial z}(\infty,t) = 0, \quad t \geq 0, \quad (2.12)$$

Condiciones iniciales y de contorno similares han sido consideradas por (Lindstrom y Boersma, 1971), (Jury et.al., 1990), (Toride et.al., 1990).

Otras condiciones iniciales y de contorno pueden ser consideradas en el estudio de transporte de pesticidas en columnas de suelo para dominios finitos, infinitos y semi-infinitos, estas pueden ser consultadas en (Freijer et.al., 1995).

Solución de la ecuación de gobierno

La ecuación de gobierno (2.7) se puede resolver por medio de la transformada de Laplace, técnica usada para ambos dominios semi-infinitos e infinitos. El método de separación de variables (Walter, 1973), es un método alternativo de solución, el cual fue utilizado para verificar los resultados de las soluciones obtenidas con la técnica de la transformada de Laplace. Las variables dimensionales (Freijer et.al., 1998) introducidas son:

$$\zeta = \frac{v * z}{D},$$





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



$$\tau = \frac{v^2 * t}{R * D},$$

$$\varepsilon = \frac{k * R * D}{v^2},$$

$$\lambda = \frac{l * v}{D},$$

y el número de Peclet, $P = \frac{Lv}{D}$, donde L es la longitud de la columna.

Ahora aplicando la regla de la cadena, para las nuevas variables dimensionales se tiene,

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial C}{\partial \tau} * \frac{\partial \tau}{\partial t} = \frac{v^2}{RD} * \frac{\partial C}{\partial \tau}.$$

Para el término convectivo se tiene,

$$\frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial C}{\partial \zeta} * \frac{\partial \zeta}{\partial t} = \frac{v}{D} * \frac{\partial C}{\partial \zeta}.$$

Para el término dispersivo se tiene,

$$\frac{\partial^2 C}{\partial z^2} = \frac{v^2}{D^2} * \frac{\partial^2 C}{\partial \zeta^2}.$$

La ecuación (2.7) para estas nuevas variables está dada por,

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \frac{v^2}{D} * \frac{\partial^2 C}{\partial \zeta^2} - \frac{v^2}{D} * \frac{\partial C}{\partial \zeta} - \frac{kRD}{v^2} C,$$

Y finalmente,

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \frac{v^2}{D} * \frac{\partial^2 C}{\partial \zeta^2} - \frac{v^2}{D} * \frac{\partial C}{\partial \zeta} - \varepsilon C.$$

Seguidamente, se presenta la solución analítica de la ecuación (2.7), que está dada por (ver (Van Genuchten y Alves, 1982)),



$$C(\zeta, \tau) = \frac{1}{2} * C_0 * \exp(-\varepsilon\tau) \{P + \exp(\zeta + \lambda)Q\} \quad (2.13)$$

Con

$$P = \operatorname{erfc} \left[\frac{\zeta - \tau}{2\sqrt{\tau}} \right] - \operatorname{erfc} \left[\frac{\zeta + \lambda - \tau}{2\sqrt{\tau}} \right] \quad (2.14)$$

Y

$$Q = (1 + \tau + \zeta + \lambda) \operatorname{erfc} \left[\frac{\tau + \zeta + \lambda}{2\sqrt{\tau}} \right] - \frac{2\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}} \exp \left[\frac{-(\tau + \zeta + \lambda)^2}{4\tau} \right] - (1 + \tau + \zeta + 2\lambda) \operatorname{erfc} \left[\frac{\tau + \zeta + 2\lambda}{2\sqrt{\tau}} \right] + \frac{2\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}} \exp \left[\frac{-(\tau + \zeta + 2\lambda)^2}{4\tau} \right] \quad (2.15)$$

Solución Numérica de la Ecuación Convección-Dispersión.

El problema del transporte de contaminantes ha sido ampliamente estudiado y su teoría establecida desde hace tiempo. Sin embargo, las soluciones analíticas del fenómeno quedan restringidas a condiciones iniciales y de frontera muy simples. Obtener resultados para condiciones iniciales y de frontera más complicadas, donde dichas condiciones varían en el tiempo, requiere el uso de métodos numéricos para la solución de las ecuaciones, específicamente para este modelo se utilizará un esquema de segundo orden. Por lo anterior, se plantea un diseño de un esquema de diferencias finitas, (Strikwerda, 1989), (Smith, 1995), para la ecuación convección-dispersión para un problema de contorno, con el objeto de comparar la solución numérica obtenida, con la solución analítica del problema, expuesto en la sección anterior, y de esta forma validar el modelo que sería presentado en la herramienta que se va a diseñar.

Para la simulación numérica que se presentan en este apartado, se utilizan los valores de los parámetros, que pueden ser cambiados de acuerdo a los requerimientos del usuario, que se presentan en la Tabla 1. Que constituyen un problema típico de transporte de pesticida en una columna de suelo. Esto permitirá evaluar el funcionamiento de los métodos propuestos en este tipo de problemas.

Tabla 1. Parámetros de la ecuación.

Parametro	Valor	Unidades
l	variable	m
K_{OC}	0.100	$m^3 \text{ kg}^{-1}$



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



T_{50}	100	d
θ	0.40	--
$v\theta$	0.0125	$m d^{-1}$
D_0	$4 \cdot 10^{-5}$	$m^2 d^{-1}$
α	0.005	m
f_{oc}	0.01	--
ρ	1400	$Kg m^3$
κ	0.34	--

Dónde:

l es la longitud capa de agua y pesticida añadida.

K_{oc} es el coeficiente de adsorción de referencia de la materia orgánica.

T_{50} es la vida media del compuesto.

θ es el contenido volumétrico de agua.

$v\theta$ es la velocidad del agua en los poros del suelo.

D_0 es el coeficiente de difusión en el agua.

α es la longitud de la dispersión.

f_{oc} es la materia orgánica contenida.

ρ es la densidad de la masa seca.

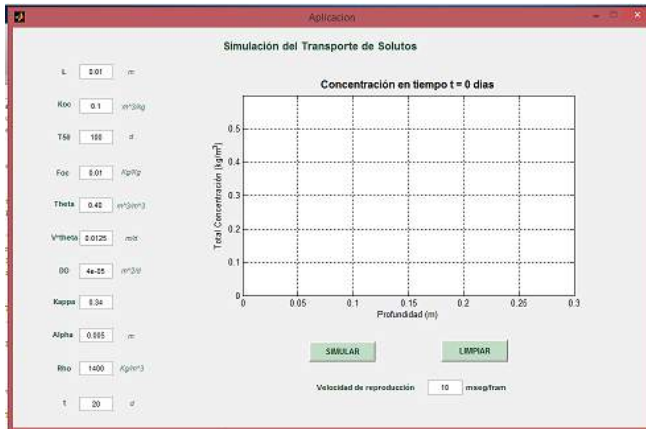
κ es el un factor de la matriz del terreno.

SOFTWARE DESARROLLADO

Para la simulación del modelo se desarrolla un software utilizando Matlab. El aplicativo implementado suministra la interfaz necesaria para que el usuario ingrese los parámetros deseados, que se listan en la Tabla 1, y que han sido descritos en la sección 2.3.

Figura 1. Panel principal del aplicativo





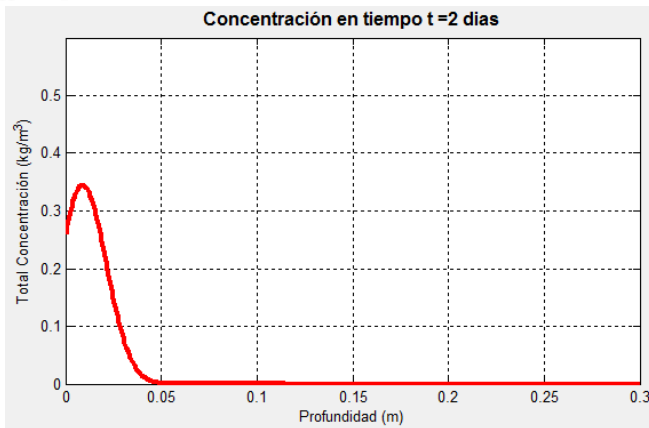
La figura 1 muestra el panel que ofrece la herramienta para ingresar los parámetros.

En la parte izquierda del panel, se encuentran 11 cuadros de texto editables donde se ingresan los valores de los parámetros, entre los cuales se encuentra, el tiempo t de simulación. Una vez establecidos todos los parámetros, en la derecha del panel se encuentra un componente de tipo axis, para realizar el despliegue de la gráfica correspondiente a los datos de entrada. La gráfica muestra el comportamiento de la concentración desde el tiempo cero (0), hasta el valor introducido en el cuadro de texto con la etiqueta t . En la gráfica se puede observar el comportamiento del soluto en cada instante de tiempo, y bajo la figura se encuentra otro cuadro de texto con la etiqueta, **velocidad de reproducción**. Modificando este valor puedo hacer que la animación del comportamiento del transporte del soluto se reproduzca rápida o lentamente. Esto facilita el análisis del comportamiento con diferentes parámetros de entrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

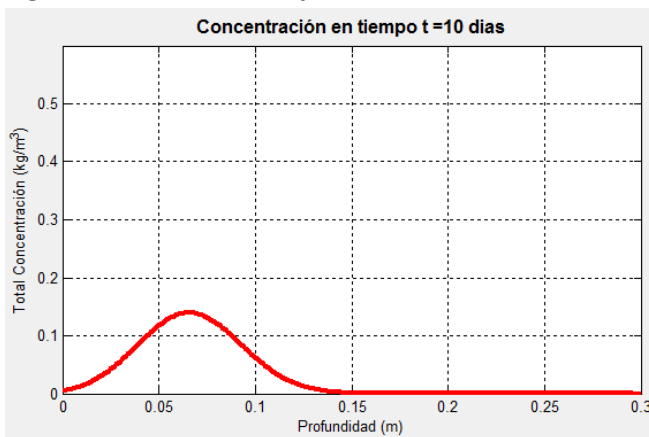
La figura 2 muestra los resultados obtenidos para un valor de $L = 0.01$ m, y $t = 2$ días.

Figura 2. Concentración para $L = 0.01$, $t = 2$



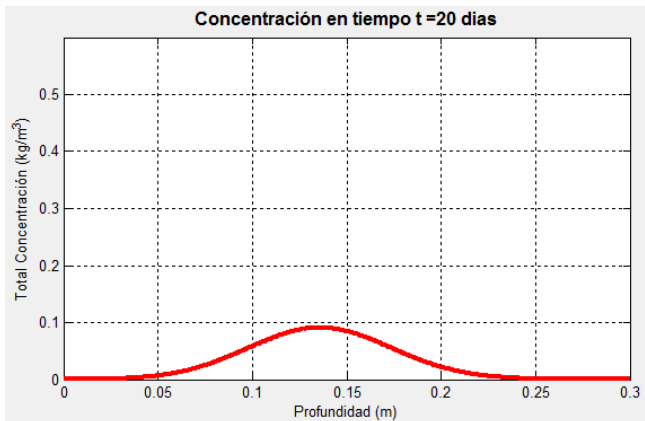
En la gráfica se puede apreciar que transcurridos 2 días la concentración es alta para los primeros centímetros de la columna de suelo, la concentración se despliega con el transcurrir de los días a capas inferiores de la columna descrita, pero con valores de concentración más bajos como se puede apreciar en la figura 2 y figura 3, en los cuales se muestran datos para valores de $L=0.01$, y valores de $t = 10$ días y $t = 20$ días. Para el caso de $t=10$ días puede observarse que la mayor concentración se encuentra sobre los 0.07 metros de profundidad, pero en la parte más superficial de la columna la concentración ha disminuido. Esto se puede apreciar en la figura 3.

Figura 3. Concentración para $L = 0.01$, $t = 10$



En la figura 4 se puede apreciar como la concentración para el día 20 es cercana a cero en los 0.05 metros iniciales, y ha aumentado en los 0.15 metros de profundidad, siendo sin embargo menor el valor de la concentración que en los primeros días. Al realizar la simulación en el software desarrollado se puede ver el valor de la concentración diaria, que disminuye y se propaga en profundidad, reduciendo diariamente los valores máximos.

Figura 4. Concentración para $L = 0.01$, $t = 20$



CONCLUSIONES

La solución analítica para la ecuación de gobierno dada en (2.7), permite modelar adecuadamente el comportamiento de la concentración de solutos, de acuerdo a los parámetros requeridos que han sido listados en la tabla 1. La implementación de la solución analítica permite simular el fenómeno y observar el comportamiento en cada instante de tiempo, desde un tiempo $T = 0$, hasta un tiempo $T = t$, siendo t , una parámetro de entrada. Variando parámetros como la longitud l de la capa de agua u pesticida, el comportamiento observado es diferente, al tener mayores valores de concentración en cada instante de tiempo. Los resultados obtenidos corresponden a uno de los 4 casos propuestos por (Freijer et.al., 1998). Se espera que la herramienta sea ampliada a todos los casos, y los parámetros de entrada estén relacionados directamente con los datos encontrados en los pesticidas comerciales, para que pueda ser una herramienta útil no solo en el entorno académico y científico, sino para el profesional o técnico en el área que desee hacer buen uso del mismo. Dentro de los trabajos futuros se espera realizar simulaciones más realistas desde un punto de vista gráfico para lo cual se están estudiando técnicas de numéricas de modelado como los elementos finitos. Una vez implementada una herramienta funcional como todos los casos, se espera realizar implementaciones utilizando tanto software libre como multiplataforma, tanto en web como en dispositivos móviles para permitir su uso a diferentes profesionales, académicos o investigadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Laegreid, M. O.C. Bockman, O. Kaarstad. (1999) Agriculture, Fertilizers and Environment. CABI Publ., Wallingford and Norsk Hydro ASA. Oslo.

Andreu, M. A., Simulación. (2008). En: Metodologías activas. Universidad Politécnica de Valencia, 93-105.



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Freijer, J.I., Veling, E.J.M., Hassanizadeh, S.M. 1998. Analytical solutions of the convection-dispersion equation applied to transport of pesticides in soil columns. Environmental modelling and software 13(1998)139-149.

Van Genuchten, M.Th., Alves, W.J. 1982. Analytical solutions of the one-dimensional convective-dispersive solute transport equation USDA Technical Bulletin 1661. US Government Printing Office, Washintong DC.

Van Genuchten, M.Th., Parker, J.C. 1984. Boundary conditions for displacement experiments through short laboratory soil columns. Soil Sci. Soc. Am. J. 48, 703-708.

Veling, E.J.M. ZEROCD and PROFCD. 1993. Description of two programs to supply quick information with respect to the penetration of tracers into the soil. Report no. 725206009. NationalInstitute of Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands.

Toride, N., Leij, F.J., Van Genuchten, M.Th. 1995. The CXTFIT code for estimating transport parameters from laboratory or field tracer experiments. Version 2.0. Research Report no. 137. US Salinity Laboratory, Riverside CA.

BBA. 1986. Seepage behaviour of plant protection products. Guidelines for the official testing of plant protection products. Part IV 4{2. Braunschweig, Germany.

EPA. 1978. Proposed guidelines for registering pesticides in the United States. Chapter (b) of Section 163.62{9. Federal Register 43(132), 29719.

Lindstrom, F.T., Boersma, L. 1971. A theory on the mass transport of previously distributed chemicals in a water saturated porous medium. Soil Science 111, 192-199.

Jury, W.A., Russo, D., Streile, G., El Abd, H. 1990. Evaluation of volatilization by organic chemicals residing below the soil surface. Water Resour. Res. 26, 13-20.

Toride, N., Leij, F.J., Van Genuchten, M.Th. 1993. Flux-averaged concentrations for transport in soils having nonuniform initial solute distributions. Soil Sci. Soc. Am. J. 57, 1406-1409.

Walter, J. 1973. Regular eigenvalue problems with eigenvalue parameter in the boundary condition. Mathematisch Zeitschrift 133, 301-312.

Strikwerda, J.C. 1989. Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. Wadsworth and Brooks/Cole.

Smith, G.D. 1995. Numerical solution of partial differential equations: Finite Difference Methods, Claredon Press, Oxford.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



MODELACION HIDROLOGICO-HIDRAULICA DE EVENTOS DE INUNDACION EN EL RIO BOGOTA (SECTOR TOCANZIPIA-CHIA) USANDO HEC-RAS

William Camilo Camargo Osorio, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Grupo Visión Colombia Hídrica. e-mail: u1101572@unimilitar.edu.co

Abstract: The objective of this study is to model the hydrologic and hydraulic aspects of flood events in the Bogota River in the area between the Tocancipá and Chia municipalities. The information was provided by the Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR and IDEAM. Modeling comprising HEC RAS model and model linear dynamic water levels. The results show that errors of HEC-RAS model as to the physical quantity ofstains flood errors far exceed models that do not use flow variable.

Resumen: El objetivo del trabajo es modelar los aspectos hidrológicos e hidráulicos de los eventos de inundación en el río Bogotá en el sector comprendido entre los municipios Tocancipá y Chía, en la parte alta de la cuenca. La información fue aportada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y el IDEAM. La modelación comprende el uso del modelo HEC RAS y el modelo de dinámica lineal de niveles del agua. Los resultados demuestran que los errores del modelo HEC-RAS en cuanto a la magnitud física de las manchas de inundación superan ampliamente los errores de modelos que no utilizan la variable de caudal.

Keywords: Hydrologic modeling, Flood, Forecast, Rio Bogota

Palabras Claves: Modelación hidrológica, Inundaciones, Pronóstico, Río Bogotá

INTRODUCCIÓN

La modelación hidráulica e hidrológica mediante las herramientas de cómputo se usan frecuentemente no solo en la consultoría, sino además en la investigación. Una de las herramientas que ofrecen resultados inmediatos es el modelo HEC RAS, el cual cuenta con diversas herramientas para el estudio de los eventos de inundación. En este trabajo se aplicó el modelo HEC RAS para simular el evento de inundación en el río Bogotá, en el tramo Tocancipá-Chía. Los datos fueron aportados por el IDEAM y la Corporación CAR en forma gratuita.

MÉTODOS



Se modela el posible evento de inundación más crítico en la zona de estudio para encontrar la mancha de inundación y crear una ronda hidráulica. Se utilizan datos de niveles, precipitación y secciones tomados de la CAR y el IDEAM, los cuales se introducen al software de modelación (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System y una extensión de este a ARCGIS®).

RESULTADOS

Todos los cálculos fueron realizados con datos suministrados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Se muestra a continuación en la imagen 1 el perfil de la cuenca media modelada, aquí ya se puede evidenciar el rebose del nivel del río sobre algunos diques en la condición de caudal máximo en la parte alta, media y baja del territorio.

En la imagen 2, vista en 3D de múltiples secciones se puede ver el modelamiento final realizado en la parte media de la cuenca en una condición inicial de caudal mínimo, viéndose a mayor detalle no hay rebase por parte del nivel del río en ningún tramo.

En la figura 3 se muestra el punto de partida del modelado aguas arriba y aguas abajo del río Bogotá con los caudales mínimos esperados.

En la imagen 4 se agrega una vista en planta del tramo en estudio del Río Bogotá junto con las estaciones meteorológicas e hidrológicas activas con jurisdicción de la CAR.

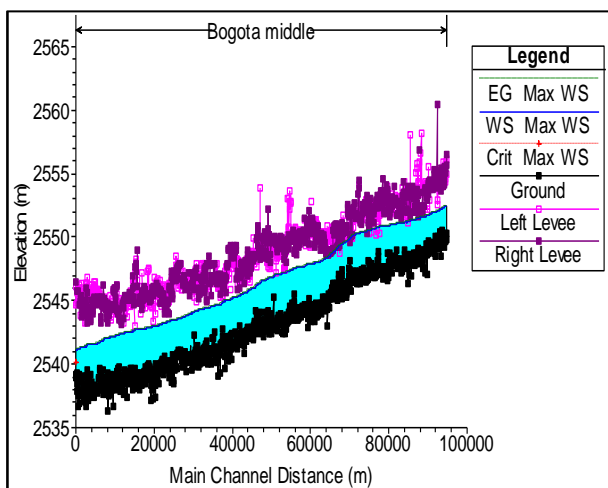


Imagen 1. Condiciones finales de los perfiles y la lámina de agua. Elaborado a partir HEC-RAS 4.1.0

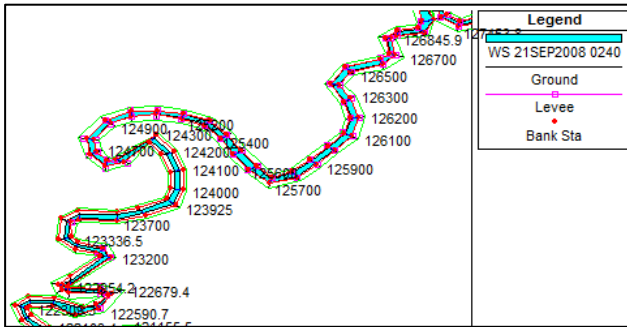


Imagen 2. Vista en 3D de múltiples secciones.

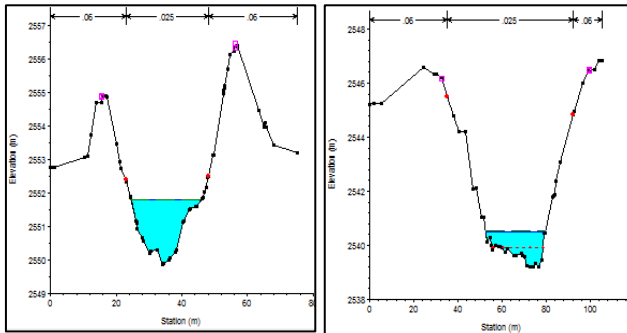


Imagen 3. Primera y última sección transversal en estudio aguas arriba con el nivel inicial. Elaborado a partir HEC-RAS 4.1.0

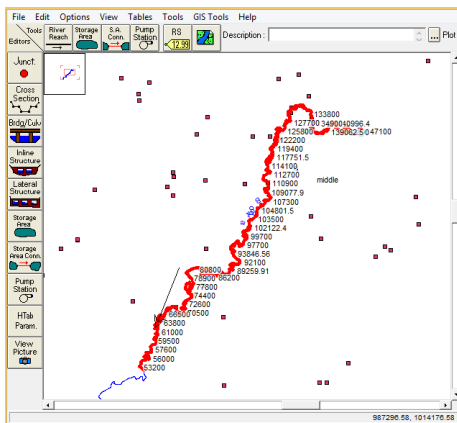


Imagen 4. Estaciones hidrológicas activas cercanas al territorio de estudio. Elaborado a partir HEC-RAS 4.1.0 y ARCGIS 10.3

En la figura 5 se muestra una ubicación mejor del lector, donde son ubicadas las secciones transversales en estudio. Se puede evidenciar que el río pasa por la zona norte de la cabecera municipal de Tocancipá, luego, por el Oriente de los municipios de Cajicá y Chía respectivamente para llegar a la estación de salida para el estudio en el municipio de Cota.



Imagen 5. Ubicación de las secciones transversales sobre el territorio. Elaborado a partir ARCGIS 10.3
Se muestra a mayor detalle los primeros y últimos kilómetros del tramo de estudio con su caudal mínimo en las imágenes 6 y 7.

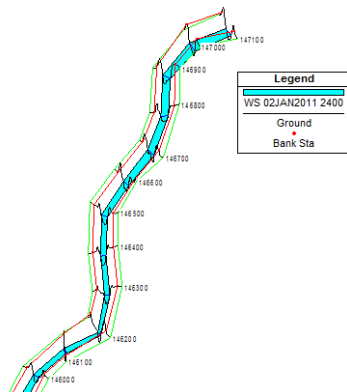


Imagen 6. Perspectiva X-Y-Z inicial del primer kilómetro de aguas arriba hacia aguas abajo. Elaborado a partir HEC-RAS 4.1.0

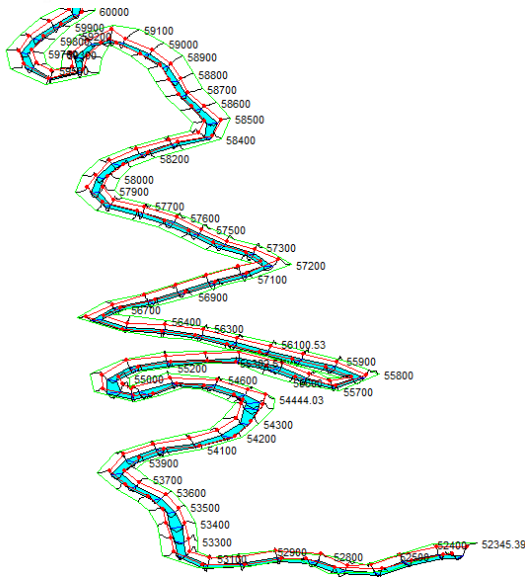


Imagen 7. Perspectiva X-Y-Z inicial de los últimos 7 Kilómetros de aguas arriba hacia aguas abajo. Elaborado a partir HEC-RAS 4.1.0

Después de tener un caudal inicial y agregar los datos de la entrada de caudal en la zona se procede a modelar el flujo variado del río. Los datos seleccionados para este modelo son los datos del año 2011. En la imagen 8 se muestra una perspectiva 3D de la sección del río que queda al norte del municipio de Tocancipá en la imagen 8, con el modelo realizado se encuentran tramos que suman 900 metros que muestran un probable desbordamiento del río entre los meses de abril y mayo, estos mayormente concentrados en la zona oriente y centro del río donde muy cerca se encuentran urbanizaciones.

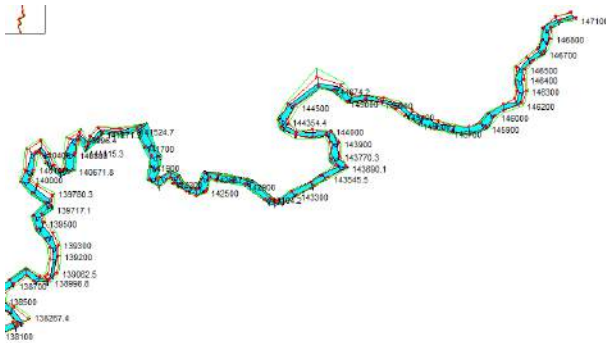


Imagen 8. Perspectiva X-Y-Z del río al norte del municipio de Tocancipá. Elaborado a partir HEC-RAS 4.1.0

En seguida se muestra la perspectiva 3D de la sección del Río que pasa al oriente de la cabecera municipal de Tocancipá, donde, desde la entrada del caudal aportante del Río Teusacá se empiezan a evidenciar inundaciones entre los meses de abril y mayo, se tienen al menos 1300 metros de longitud del río desbordable, concentrándose en su mayoría en la entrada del Río Teusacá, donde se encuentran cultivos, además a tan solo 400 metros de la urbanización más cercana a la orilla del Río Bogotá se muestra una zona inundable.

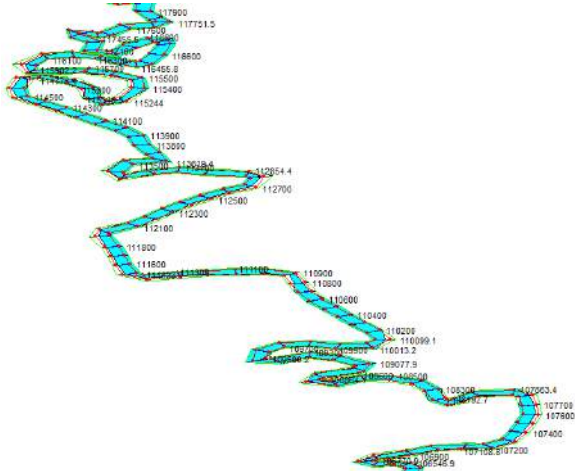


Imagen 9. Perspectiva X-Y-Z del río al oriente del municipio de Cajicá. Elaborado a partir HEC-RAS 4.1.0

Por último, en la imagen 10 se muestra la perspectiva 3D del Río Bogotá que pasa al oriente de la cabecera municipal del municipio de Chía, aquí es posible justificar tras la modelación realizada cerca de 3700 metros de zonas inundables a lo largo del río, concentrándose estas en el sector Norte y Sur del municipio, lugares donde este está relativamente alejado del río, pero, alguna población que se encuentra asentada en la zona centro oriental del municipio se encuentra al menos a 300 metros de distancia de una zona inundable del río, esta situación también es presentada entre los meses de abril y mayo.

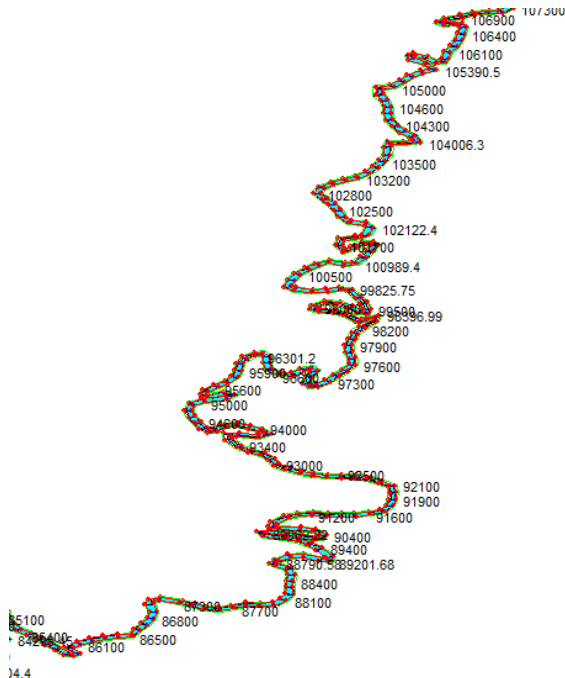


Imagen 10. Perspectiva X-Y-Z del río al oriente de la zona urbana de Chía. Elaborado a partir HEC-RAS 4.1.0



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Durante este trabajo surgió el interrogante ¿Está Colombia preparada para afrontar una segunda avenida de los ríos como la ocurrida anteriormente?

Para el próximo año niña de magnitudes similares a las del 2011 se esperan grandes avenidas en los municipios anteriormente nombrados y en los sectores individualizados. Es oportuno que las partes involucradas en la administración de decisiones y prevención de desastres prevengan este tipo de problemática que ya ha causado con anterioridad tantos estragos.

BIBLIOGRAFIA

Software HEC RAS.

CONSTRUCCIÓN DE UN PROCESO ESTOCÁSTICO CONTINUO PARA SIMULAR EL MOVIMIENTO DE CAUDALES MEDIOS EN EL RIO PAMPLONITA (PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER) EN EL MARCO DE LA AXIOMATICA DE ANDREY KOLMOGOROV

Mario Andrés Botto Rojas

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Grupo Visión Colombia Hídrica, Proyecto de Investigación ING 1770 de 2015, Bogotá, Colombia, u1101566@unimilitar.edu.co

Hebert Gonzalo Rivera

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Grupo Visión Colombia Hídrica, Proyecto de Investigación ING 1770 de 2015, Bogotá, Colombia, hebert.rivera@unimilitar.edu.co

Resumen

El objetivo del trabajo es aplicar la axiomática de Andrey Kolmogorov en la construcción de un proceso estocástico para el caso de los valores medios de caudales del río Pamplonita. La definición formal de un proceso estocástico se da en los siguientes términos. Sea (Ω, \mathcal{F}, P) un espacio de probabilidad, T un conjunto indexado y $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ un espacio medible. Un $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ proceso estocástico valorado en (Ω, \mathcal{F}, P) es una familia (X_t) de variables aleatorias, tal que $(X_t) : (\Omega, \mathcal{F}) \rightarrow (\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$. Aquí se tiene que $t \in T$; generalmente en ingeniería se toma a T como una variable de espacio o del tiempo. En el trabajo se aplican con ejemplos en caudales medios del río Pamplonita los conceptos de espacio muestral, evento, sigma álgebra, espacio medible, variable aleatoria continua, espacio de probabilidad y proceso estocástico. El trabajo se desarrolló en el marco del proyecto de investigación UMNG ING 1770 de 2015, con recursos financieros de la Vicerrectoría de Investigaciones y en conjunto con la Universidad de Pamplona.

Palabras Clave: Variable aleatoria, proceso estocástico, Río Fonce

Área temática: Modelación y simulación de sistemas ambientales.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Abstract

The aim of this work is to apply the axiomatic of Andrei Kolmogorov in the construction of a stochastic process for the case of the average values of the Pamplonita river flows. The formal definition of a stochastic process is given in the following terms. Let (Ω, \mathcal{F}, P) be a probability space, T is called the index set and $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ a measurable space. A $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ stochastic process is valued in (Ω, \mathcal{F}, P) is a family (X_t) of random variables, such that $(X_t) : (\Omega, \mathcal{F}) \rightarrow (\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$. Here $t \in T$; usually in engineering a variable T is taken as a variable of space or time. The work applies in examples with the average flows of Pamplonita's River the concepts of sample space, event, sigma- algebra, measurable space, continuous random variable, probability space and stochastic process. The work was developed under the research project 1770 ING UMNG 2015, with funding of the Investigation's office and together with the University of Pamplona.

Keywords: Ramdon function, stochastic process, Pamplonita River

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Pamplonita se ubica sobre la Cordillera Oriental, extendiéndose por el suroeste de Norte de Santander, desde Pamplona hasta Puerto Santander. En la urbanización La Rinconada en Cúcuta comienza a buscar el oriente, por dónde viene raudo el Táchira. Cuentan los cucuteños de antes que el río bajaba por la avenida primera y que sus inundaciones o crecidas eran temidas. En ocasiones se lanzó hasta la avenida segunda y bajó soberbio por el parque Colón y el hospital. [3].

Este trabajo trata sobre la construcción de un proceso estocástico en caudales medios del río Pamplonita aplicando la axiomática de Andrey Kolmogorov. La teoría moderna de procesos estocásticos centra su atención en los conceptos de sigma álgebra, espacio medible, filtraciones, martingalas, variable aleatoria y espacio de probabilidad.

La importancia del trabajo radica en que existe muy poca bibliografía que explique en forma clara y sencilla la construcción de un proceso estocástico. Los datos de los valores medios de caudales fueron aportados en forma gratuita por el Instituto IDEAM y con soporte en éstos se construyeron los conceptos.

MÉTODOS

Se aplica la axiomática de Kolmogorov para construir los conceptos de espacio muestral, eventos, sigmas álgebras, espacios medibles, variable aleatoria y espacio de probabilidad.

La definición formal de un proceso estocástico se da en los siguientes términos [1]. Sea (Ω, \mathcal{F}, P) un espacio de probabilidad, T un conjunto indexado y $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ un espacio medible. Un $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ proceso estocástico valorado en (Ω, \mathcal{F}, P) es una familia (X_t) de variables aleatorias $(X_t) : (\Omega, \mathcal{F}) \rightarrow$





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



$(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$. Aquí se tiene que $t \in T$; generalmente en ingeniería se toma a T como una variable de espacio o del tiempo. Como se puede apreciar, el concepto fundamental para obtener un proceso estocástico es la familia de variables aleatorias X_t , que son funciones que mandan valores

de un espacio medible (Ω, \mathcal{F}) a otro espacio medible $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$. Los espacios medibles se construyen sólo con las sigmas álgebras y éstas a su vez surgen de los espacios muestrales Ω y $\bar{\Omega}$. Un proceso estocástico es una familia de variables aleatorias X_t , indexadas en el argumento T. [2]

Un experimento aleatorio es un proceso de carácter repetitivo hecho a partir de reglas bien definidas, con el fin de verificar o de comprobar una teoría o hipótesis, cuyos resultados están sujetos o influidos por el azar [3].

Para el caso del río Pamplonita se asume que el experimento consiste en los giros de traslación y rotación de la esfera Tierra, con las respectivas incidencias en el comportamiento del río Pamplonita.

Un espacio muestral es un conjunto de los posibles resultados del experimento aleatorio. Para el caso nuestro, los sucesos de los caudales medios se redujeron a tres aspectos relevantes: caudales favorables al canotaje, al abastecimiento de agua y a los procesos de socavación; por lo tanto, el espacio muestral cualitativo y discreto es el siguiente:

Se define como Omega (Ω) al conjunto de resultados posibles individuales de un experimento aleatorio. Cada resultado individual es conocido como elemento muestral (ω) [4].

ω_1 : Caudal de tratamiento.

ω_2 : Caudal de Dilución.

ω_3 : Caudal de socavación.

Los elementos muestrales se representan cualitativamente dentro del conjunto omega (Ω) como sigue:

$$\Omega = [\omega_1, \omega_2, \omega_3]$$

Los eventos son los subconjuntos de un espacio muestral. Para cualquier experimento dado podemos estar interesados en la ocurrencia de ciertos eventos más que en el resultado de un elemento específico en el espacio muestral [8]. Los eventos A (en términos cualitativos) se expresan mediante el caudal de tratamiento (Tr), Dilución (Di) y socavación (Sc) formulándolos de la siguiente manera:

$$A_1 = \omega_1$$

$$A_2 = \omega_2$$

$$A_3 = \omega_3$$

La definición de sigma álgebra se da en los siguientes términos. Sea \emptyset el conjunto vacío y Ω nuestro espacio muestral anterior, entonces, un sistema \mathcal{F} de subconjuntos de un conjunto $\Omega \neq \emptyset$ se llama σ -álgebra en el espacio Ω [1].





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Las propiedades de una σ -álgebra son:

1. El conjunto vacío está en \mathcal{F} : $\emptyset \in \mathcal{F}$
2. Siendo A un evento que está en \mathcal{F} , también está su complemento.
3. Si $A_1, A_2, A_3 \dots$ es una sucesión de eventos de \mathcal{F} , entonces la unión y la intersección de éstos también está en \mathcal{F} .

Los complementos de los eventos son:

$$A_1^c = \Omega - A_1 = (\omega_1, \omega_2, \omega_3) - (\omega_1) = (\omega_2, \omega_3)$$

$$A_2^c = \Omega - A_2 = (\omega_1, \omega_2, \omega_3) - (\omega_2) = (\omega_1, \omega_3)$$

$$A_3^c = \Omega - A_3 = (\omega_1, \omega_2, \omega_3) - (\omega_3) = (\omega_1, \omega_2)$$

La unión de los eventos es:

$$A_1 \cup A_2 = (\omega_1, \omega_2)$$

$$A_1 \cup A_3 = (\omega_1, \omega_3)$$

$$A_2 \cup A_1 = A_1 \cup A_2 = (\omega_1, \omega_2)$$

$$A_2 \cup A_3 = (\omega_2, \omega_3)$$

$$A_3 \cup A_1 = A_1 \cup A_3 = (\omega_1, \omega_3)$$

$$A_3 \cup A_2 = A_2 \cup A_3 = (\omega_2, \omega_3)$$

La intersección es:

$$A_1 \cap A_2 = (\omega_1) \cap (\omega_2) = \emptyset$$

$$A_1 \cap A_3 = (\omega_1) \cap (\omega_3) = \emptyset$$

$$A_2 \cap A_3 = (\omega_2) \cap (\omega_3) = \emptyset$$

Cumpliendo las propiedades de una σ -Algebra, la sigma algebra total se formula como:

$$\mathcal{F}_T = \left\{ \begin{array}{l} \emptyset, \Omega, (A_1), (A_2), (A_3), \\ (A_1^c), (A_2^c), (A_3^c), \\ A_1 \cup A_2, A_1 \cup A_3, A_2 \cup A_3, \\ A_1 \cap A_2, \\ A_1 \cap A_3, A_2 \cap A_3 \end{array} \right\}$$

$$\mathcal{F}_T = \left\{ \begin{array}{l} \emptyset, \Omega, (\omega_1), (\omega_2), (\omega_3), (\omega_1, \omega_2) \\ , (\omega_1, \omega_3), (\omega_2, \omega_3) \end{array} \right\}$$

Al par $\{\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}}\}$ con $\bar{\Omega} \neq \emptyset$ y una $\bar{\mathcal{F}}$ como una σ -álgebra sobre $\bar{\Omega}$ se le denomina espacio medible. A continuación se formula un espacio de estados $\bar{\Omega}$ que está contenido en una sigma-álgebra $\bar{\mathcal{F}}$, y sus eventos (en términos cuantitativos) se relacionan mediante intervalos de caudales de los eventos a estudiar.



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



$$\bar{\Omega} = [0.2, 128.5]$$

Evento caudal de tratamiento: $E_1 = [0.2, 3.8]$

Evento dilución (E_2): $E_2 = [3.8, 70.5]$

Evento caudal de socavación (E_3):

$$E_3 = [70.5, 128.5]$$

El valor de $128.5 \text{ m}^3/\text{s}$ se estableció como el caudal correspondiente al más alto valor posible en la sección transversal de la estación hidrológica.

Los complementos son:

$$E_1^c = \Omega - E_1 = [3.8, 128.5]$$

$$E_2^c = \Omega - E_2 = [0.2, 3.8] \cup [70.5, 128.5]$$

$$E_3^c = \Omega - E_3 = [3.8, 70.5]$$

La unión es:

$$E_1 \cup E_2 = [0.2, 70.5]$$

$$E_1 \cup E_3 = [0.2, 3.8] \cup [70.5, 128.5]$$

$$E_2 \cup E_1 = E_1 \cup E_2 = [0.2, 70.5]$$

$$E_2 \cup E_3 = [3.8, 128.5]$$

$$E_3 \cup E_1 = [0.2, 3.8] \cup [70.5, 128.5]$$

$$E_3 \cup E_2 = E_2 \cup E_3 = [3.8, 128.5]$$

La intersección es:

$$E_1 \cap E_2 = [0.2, 3.8] \cap [3.8, 70.5] = \emptyset$$

$$E_1 \cap E_3 = [0.2, 3.8] \cap [70.5, 128.5] = \emptyset$$

$$E_2 \cap E_3 = [3.8, 70.5] \cap [70.5, 128.5] = \emptyset$$

De acuerdo a lo anterior la sigma algebra total se formula como:

$$\bar{\mathcal{F}} = \left\{ \emptyset, \Omega, [E_1], [E_2], [E_3], [E_1^c], [E_2^c], [E_3^c], E_1 \cup E_2, E_1 \cup E_3, E_2 \cup E_3, E_1 \cap E_2, E_1 \cap E_3, E_2 \cap E_3 \right\}$$

$$\bar{\mathcal{F}} = \left\{ \begin{array}{l} \emptyset, [0.2, 128.5], [0.2, 3.8], \\ [3.8, 70.5], [70.5, 128.5], \\ [0.2, 70.5], \\ \{[0.2, 3.8] \cup [70.5, 128.5]\}, \\ [3.8, 128.5] \end{array} \right\}$$

La construcción de las variables continua se lleva a cabo de la siguiente manera. Una variable aleatoria X continua es una función medible definida sobre un espacio medible y se expresa con números reales. [12]. El interés de una variable aleatoria reside en permitirnos obviar el espacio de probabilidad abstracto



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
 EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
 REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



y trabajar sobre la recta real, conservando las características probabilísticas originales [13].

$$\text{Sea } X: \Omega \rightarrow \bar{\Omega}$$

Entonces $X: \{\omega_1\} \rightarrow [0.2, 3.8)$
 $\{\omega_2\} \rightarrow [3.8, 70.5)$
 $\{\omega_3\} \rightarrow [70.5, 128.5)$

Donde

$$\Omega = \{\emptyset, \omega_1, \omega_2, \omega_3\}$$

$$\bar{\Omega} = \{\emptyset, [0.2, 3.8), [3.8, 70.5), [70.5, 128.5)\}$$

Al considerar un espacio medible $(\bar{\Omega}, \bar{\mathcal{F}})$ y una función $X: \bar{\Omega} \rightarrow R$, la variable aleatoria debe cumplir:

$$X^{-1}(E) \in \bar{\mathcal{F}}, \forall E \in \mathcal{F}$$

Dadas las condiciones anteriores se procede a demostrar si efectivamente nuestra X en el caso anterior es una variable aleatoria.

$$X^{-1}(\emptyset) = \emptyset \in \mathcal{F}$$

$$X^{-1}(\{0.2, 3.8\}) = \{\omega \in \mathcal{F}: X(\omega) \in \{0.2, 3.8\}\} = \{\omega_1\} \in \mathcal{F}$$

$$X^{-1}(3.8, 70.5) = \{\omega_2\} \in \mathcal{F}$$

$$X^{-1}(70.5, 128.5) = \{\omega_3\} \in \mathcal{F}$$

$$X^{-1}(\{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}) \in \mathcal{F}$$

Con la anterior comprobación vemos que X es $\mathcal{F} - \bar{\mathcal{F}}$ medible, por lo tanto X se constituye como una variable aleatoria en un espacio medible. El siguiente paso después de la comprobación y la obtención de la variable aleatoria es la construcción del espacio de probabilidad. Se denomina espacio de probabilidad a los elementos (Ω, \mathcal{F}, P) y es una descripción del experimento que describe a cual conjunto pertenecen los posibles resultados del experimento, cuantificando la incertidumbre en la ocurrencia de sucesos mediante la medida de probabilidad P (ver la figura 1).

X1		X2		X7		X8	
$\bar{\Omega}$	P	$\bar{\Omega}$	P	$\bar{\Omega}$	P	$\bar{\Omega}$	P
1	0.27	1	0.37	1	0.33	1	0.4
2	0.73	2	0.63	2	0.67	2	0.6
3	0	3	0	3	0	3	0
X3		X4		X9		X10	
$\bar{\Omega}$	P	$\bar{\Omega}$	P	$\bar{\Omega}$	P	$\bar{\Omega}$	P
1	0.35	1	0.25	1	0.32	1	0.19
2	0.65	2	0.74	2	0.68	2	0.81
3	0	3	0.01	3	0	3	0.01
X5		X6		X11		X12	
$\bar{\Omega}$	P	$\bar{\Omega}$	P	$\bar{\Omega}$	P	$\bar{\Omega}$	P
1	0.23	1	0.24	1	0.12	1	0.14
2	0.77	2	0.76	2	0.87	2	0.86
3	0	3	0	3	0.01	3	0

Figura 1. Valores de P en cada evento

El comportamiento temporal de los caudales medios en el río Pamplonita se refleja en la figura 2, en la cual se establecen 12 variables aleatorias, una por cada mes.

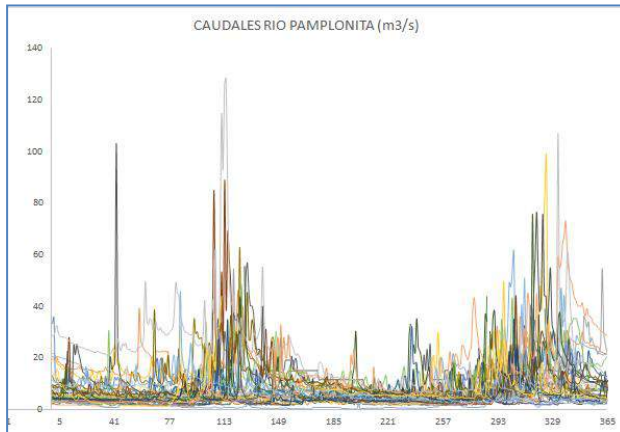


Figura 2. Comportamiento temporal e caudales medios del río Pamplonita

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos fueron aportados en forma gratuita por el en La Don Juana. Para cada mes se construyó una variable aleatoria.

Se constata que formalmente se puede construir el concepto de proceso estocástico en el marco de la axiomática de Kolmogorov.

4 CONCLUSIONES

El trabajo demuestra que en valores de caudales medios del río Pamplonita se logró construir variables aleatorias en la axiomática de Kolmogorov y así soportar formalmente la creación de un proceso estocástico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Liliana Blanco Castañeda. (2003). Probabilidad. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- [2] V. Capasso, An introduction to continuous-time stochastic processes, 2nd ed. Boston, EE.UU. Birkhäuser, 2012.
- [3] José Bonnet. (2012). Lecciones de estadística: Estadística descriptiva y probabilidad. España. Ed club universitario.
- [4] <http://www.camacolnorte.com/2013/02/el-rio-pamplonita-de-ayer-y-de-hoy.html>



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



EVALUATION POTATO STARCH AS A FLOCCULANT IN THE TREATMENT OF DOMESTIC SEWAGE

EVALUACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA COMO FLOCULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

Herrera, M. E.*

*Msc. María Eugenia Herrera Tovar. **Bióloga**, Grupo de Investigación en Química y Tecnología de Alimentos, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Posgrados en Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, e-mail: mariaeugenia.herrera@uptc.edu.co; mahe1008@yahoo.es

Universidad de Pamplona

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140

Abstract: The use and efficient water management is a necessity that must be solved immediately; water as well as being an essential element for life has properties that make it indispensable for the development of any human activity; improper way is using much of the wastewater makes this source of water, which sometimes is reused for irrigation, will constitute a potential health problem for the contamination of soil, groundwater and eutrophication water bodies.

It is considered that the water is contaminated when they are altered their chemical, physical, biological characteristics or composition. The increase in wastewater generation has forced engineering to search, find and implement alternatives for treatment and efficient, autonomous and economically viable debugging; within these alternatives can be found using organic polymers or naturally occurring unlike synthetic generally used in conventional treatment plants have low or no toxicity because in many cases used as foodstuffs, are of better removal by the environment, less harmful, environmentally safe to remove the turbidity of the water, added to the above, the ability of the department Boyacense be one of the largest producers of tubers of the highest quality. For which native starch was obtained and was chemically modified in the laboratory by acetylation, it was characterized by FTIR and SEM, simulation tests (jar tests) were performed to determine the concentration and optimal dose of the solution to be applied, assessing turbidity, color and pH. The results indicate that potato starch, whether native or acetylated as alternative technique of coagulation - flocculation is good and conducive to replace aluminum sulfate, because their removal percentages are similar, which is set to a choice of adaptable, flexible and feasible operating conditions for conventional treatment plants wastewater to thereby perform adequate insurance technology and reused for other purposes.

Resumen: El uso y manejo eficiente del agua es una necesidad que debe resolverse de manera inmediata; el agua además de ser un elemento imprescindible para la vida posee propiedades que la convierten en indispensable para el desarrollo de cualquier actividad humana; la forma inadecuada





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



como se está utilizando gran parte del agua residual hace que esta fuente de agua, que en ocasiones es reutilizada para riego, se constituya en un problema potencial para la salud, para la contaminación de suelos, aguas subterráneas y para la eutrofización de cuerpos de agua.

Se considera que el agua está contaminada cuando se ven alteradas sus características químicas, físicas, biológicas o su composición. El incremento en la generación de aguas residuales ha obligado a la ingeniería a buscar, encontrar y aplicar alternativas de tratamiento y depuración eficientes, autónomas y económicamente viables; dentro de estas alternativas se puede encontrar la utilización de polímeros orgánicos o de origen natural que a diferencia de los sintéticos usados generalmente en las plantas de tratamiento convencionales presentan la mínima o nula toxicidad dado que en muchos casos se utilizan como comestibles, son de mejor remoción por parte del medio ambiente, menos perjudiciales, ambientalmente inocuos para remover la turbidez de las aguas, sumado a lo anterior la capacidad que tiene el departamento Boyacense de ser unos de los mayores productores de tubérculos de la mejor calidad. Para lo cual se obtuvo Almidón Nativo y se modificó químicamente en laboratorio mediante acetilación, se caracterizó por FTIR y MEB, se realizaron ensayos de simulación (pruebas de jarras) para determinar la concentración y dosis óptima de la solución a ser aplicada, evaluando su turbiedad, color y pH. Los resultados obtenidos señalan que el almidón de papa, ya sea Nativo o Acetilado, como alternativa técnica de coagulación - floculación es buena y favorable para reemplazar al sulfato de aluminio, debido a que sus porcentajes de remoción son similares, por lo cual se establece como una opción de tecnología adaptable, viable y flexible a las condiciones de operación de las plantas de tratamientos de aguas residuales convencionales para de esta manera realizar un adecuado y seguro reusó destinado a otros fines.

Keywords: Starch, Potato jar test, Coagulation, Flocculation.

Palabras Claves: Almidón, Papa, Prueba de jarras, Coagulación, Floculación.

1. INTRODUCCIÓN

Las descargas de las aguas residuales municipales se han convertido en una de los problemas ambientales más críticos y más crecientes, si consideramos que el incremento poblacional de la mayoría de los centros urbanos medianos y grandes es notable debido a la situación socioeconómica y de orden público del país.

Esta situación se refleja en el aumento de las descargas de tipo doméstico y productivo, deteriorando cada vez más el estado de la calidad del recurso. La situación se hace más crítica cuando la corriente tiene un uso definido aguas abajo, pues se alteran las condiciones de calidad del agua requeridas para el abastecimiento de actividades específicas (doméstica, industrial, agrícola, pecuaria, etc.) y la vida acuática (Ortega, 2015).

Teniendo en cuenta que el agua es una sustancia química que es esencial para toda forma de vida, es empleada por el hombre para diversos fines, como para consumo humano, en la industria, en la agricultura, la recreación, los viajes y el comercio (Ibeto, et al.), sin embargo actualmente no se le está dando el verdadero valor que está merece y es por esto que según datos del Banco Mundial en el mundo hay más de un billón de personas sin acceso a agua potable (Mounthon, 2007), y de acuerdo al Inventario Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento básico del Ministerio de





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



Desarrollo, cerca de 1300 cuerpos de agua están siendo contaminados por ser los receptores de los vertimientos municipales (Ministerio del medio ambiente, 2012).

Para lo anterior se hace necesario el uso de un sistema de tratamiento de aguas superficiales, principalmente abocado a la separación de las partículas disueltas o suspendidas que contiene el agua en su estado natural, la cual incluye procesos de: coagulación-floculación, sedimentación, filtración y cloración. Donde el primero se encarga principalmente de aglutinar las partículas pequeñas en masas que puedan precipitar, y los dos siguientes son meramente procesos de separación de estas masas. Con objeto de favorecer esta separación sólido-líquido se realiza una etapa previa de coagulación-floculación que desestabiliza estas suspensiones y permite la separación de una manera más eficaz (Neyret, 2005).

Entre los floculantes usados para la remoción de contaminantes se hallan los de origen natural y los sintéticos, los primeros son compuestos algínicos, derivados de la tuna y los almidones, como lo son los extraídos de tubérculos, raíces y cereales, y los sintéticos que son compuestos producidos por medio de la transformación química de derivados del carbón y del petróleo, la mayoría se encuentra en polvo seco (Delgadillo y Ramallo, 2003), y que al usarlos de manera convencional en las PTAR va a generar a largo plazo entre otros inconvenientes los siguientes; niveles demasiado altos de monómeros residuales en los productos finales, elevada densidad de carga iónica, persistencia en el medio durante muchos años, ocupando espacio en los rellenos sanitarios y causando daño al ambiente por la emisión de gases; generando de esta manera sustancias peligrosas y efectos secundarios en la salud humana principalmente enfermedades neurológicas como el Alzheimer (Molano, 2011), o pudiendo no ser removidas durante el tratamiento convencional antes de que estas sean reusadas por parte del usuario para diferentes fines, sumado a lo anterior los costos de adquisición (Rodríguez et al, 2007).

Teniendo en cuenta esta situación, día tras día se busca desarrollar e implementar nuevas tecnologías con las cuales se puedan llevar a cabo estos procesos de forma más económica, eficiente y amigable con el medio ambiente (Singley, 1986). Una de estas alternativas puede llegar a ser el uso de los polímeros naturales los cuales son aquellos que se producen debido a las reacciones bioquímicas naturales de animales y plantas. Estos polímeros son complejos en su composición química, están constituidos principalmente por varios tipos de polisacáridos y proteínas. Algunos de ellos tienen propiedades coagulantes o floculantes y en muchos lugares son usados en forma empírica por los nativos para aclarar el agua turbia con resultados satisfactorios (Vásquez, 1994). Diversos estudios realizados sobre coagulantes naturales han demostrado que son efectivos en la reducción de valores de turbiedad y color como lo reporta Rodríguez en el 2007 mediante el uso de almidón de yuca y maíz, Mendoza en el 2000 estudiando las semillas de Moringa oleífera, Martínez en el 2003 evaluando la corteza del cactus y Olivero et al., experimentando con la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en el 2014. Estas y otras investigaciones han generado buenas expectativas para su utilización en el tratamiento de aguas.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



De acuerdo con lo anterior, las alternativas de tratamiento de aguas basadas en la utilización de coagulantes naturales en los procesos de clarificación, se hace más que necesaria, imprescindible teniendo en cuenta las condiciones económicas actuales de muchos países (Vázquez, 1994).

La presente investigación persigue demostrar que con el uso del almidón nativo de la especie de papa (*Solanum tuberosum*) proveniente del Departamento de Boyacá-Colombia, cuenta con la capacidad para la remoción de turbidez de aguas contaminadas y por consiguiente una posible alternativa y sustituto de los polímeros sintéticos usados de manera convencional en las plantas de tratamiento de agua residual.

Marco teórico

Las descargas de las aguas residuales municipales se han convertido en una de los problemas ambientales más críticos y más crecientes, si consideramos que el incremento poblacional de la mayoría de los centros urbanos medianos y grandes es notable debido a la situación socioeconómica y de orden público del país.

Esta situación se refleja en el aumento de las descargas de tipo doméstico y productivo, deteriorando cada vez más el estado de la calidad del recurso. La situación se hace más crítica cuando la corriente tiene un uso definido aguas abajo, pues se alteran las condiciones de calidad del agua requeridas para el abastecimiento de actividades específicas (doméstica, industrial, agrícola, pecuaria, etc.) y la vida acuática.

Las evaluaciones reportan que los centros urbanos en Colombia captan alrededor de los 170 m³/seg, de agua de los cuales se pierden entre 40% y 50%, regresando al ambiente en forma de aguas residuales entre un 70% a 80% de las aguas consumidas. Se estima que en Colombia se descargan diariamente cerca de 700 toneladas de carga orgánica del sector doméstico urbano a los cuerpos de agua.

El inventario de sistemas de tratamiento de aguas residuales del Ministerio del Medio Ambiente, reporta que sólo 22% de las cabeceras municipales del país hacen tratamiento de las aguas residuales y muchas están funcionando deficientemente, o lo que es más crítico sin ser operadas. Se reporta que los departamentos con mayor cobertura de plantas de tratamiento de aguas residuales, PTAR (operando y/o en diseño) son Cundinamarca (38 PTAR), Antioquia (26 PTAR), Cesar (14 PTAR), Valle del Cauca (14 PTAR) y Tolima (13 PTAR).

La contaminación hídrica no es exclusiva de los centros urbanos, pero una alta proporción (más de 50%) de las cargas contaminantes son generadas por los vertimientos domésticos de los municipios; se destacan como zonas críticas las áreas metropolitanas y centros urbanos mayores tales como Bogotá - Soacha; Cali - Yumbo; Medellín - Valle de Aburrá; Bucaramanga-Floridablanca; Pereira - Dosquebradas - La Virginia; Barranquilla - Soledad; Cartagena Mamonal y Santa Marta, entre otros; afectando ecosistemas hídricos tan importantes como los ríos Bogotá, Cauca, Medellín, Magdalena, Otún - Consota, la bahía de Cartagena y Barranquilla, entre otros.

Según el Inventario Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento del Ministerio de Desarrollo, cerca de 1300 cuerpos de agua están siendo contaminados por ser los receptores de los vertimientos municipales.



Esta situación hace que la disponibilidad del recurso sea limitada en muchas regiones del país principalmente para consumo humano y recreativo.

La sobresaturación de carga orgánica desequilibra los ecosistemas acuáticos y genera condiciones anóxicas (sin oxígeno) de difícil recuperación que limitan la vida de las comunidades acuáticas y generan procesos de eutrofización de lagos y lagunas por sobre-abundancia de nutrientes (nitrógeno y fósforo) (Ministerio del Medio Ambiente, 2012)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en el Laboratorio de Investigación en Química y Tecnología de Alimentos. La metodología se dividió en cuatro fases, como siguen:

2.1 Fase I: Extracción del almidón:

Para evitar que la materia prima a utilizar sufriera algún tipo de deterioro fisiológico a causa de la acumulación de compuestos fenólicos, microbiológicos y/o mecánicos, se dio el uso en un tiempo inferior a 24 horas, luego de su cosecha. La fase de extracción se desarrolló siguiendo el procedimiento de la Figura 1.

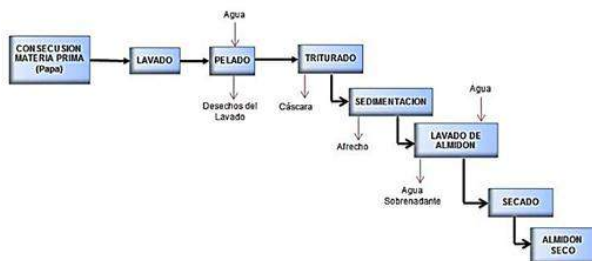


Figura 1. Extracción del Almidón

Se desarrolló un control de calidad de la materia prima mediante un análisis básico de humedad, fibra y cenizas por métodos gravimétricos y colorimétricos de acuerdo a las normas del AOAC (Association of Analytical Communities).

Obtenido el almidón se realizaron los cálculos necesarios para determinar el porcentaje de rendimiento.

2.2 Fase II: Modificación química del almidón por acetilación.

El almidón Acetilado (AA) se obtuvo en el laboratorio siguiendo la metodología propuesta por (Phillips et al., 1999) con algunas modificaciones. Se suspendieron 50 g de almidón nativo (AN) en base seca, en 250 ml de agua destilada, se ajustó el pH a 8.4 y se agitó constantemente por 30 minutos, se añadió lentamente 4,2 g de anhídrido acético manteniendo el pH entre 8.0-8.4, después

se ajustó el pH a 4.5 con HCl 0.1N, se filtró y el precipitado se lavó cuatro veces con agua destilada, se secó a 35°C en estufa por 48 horas y el almidón obtenido se molió y tamizó.

2.3 Fase III: Identificación Estructural mediante análisis instrumental

Análisis de Espectroscopia Infrarroja FTIR

Los espectros IR del AN y AA se obtuvieron con un equipo IRPrestige-21 marca SHIMADZU.

Análisis de microscopia electrónica de barrido (MEB).

La morfología del AN y AA se observaron en un equipo LEO-430. Las muestras se recubrieron con una película delgada de carbono en vacío y se tomaron micrografías a 2000x.

2.4 Fase IV: Prueba de jarras

La Prueba de Jarras es la técnica más ampliamente usada para determinar la dosis óptima o mejor dosis de químicos para procesos de coagulación-floculación a nivel de laboratorio, como se ilustra en la Figura 2.

Se tomó como fuente de abastecimiento, el agua residual procedente del Municipio de Paipa a la altura de la Central Termoeléctrica, la cual mantuvo una turbiedad en promedio de 355 UNT, Color 1660 UPC y pH de 7.34. La determinación de turbiedad, color y pH se realizó según los métodos normalizados del APHA/AWWA/ número 2130 y 2120 respectivamente.

El ensayo de jarras tuvo las siguientes consideraciones técnicas:

- 1) La solución patrón para el sulfato de aluminio tipo B, fue del 1% y la de los almidones de papa del 0,5%.
- 2) El mezclado rápido se realizó a 120 RPM por un minuto, Figura 3.
- 3) Para la operación de floculación se utilizó un tiempo de 20 min a velocidad de 30 RPM.
- 4) En la sedimentación, el tiempo de decantación fue de 20 minutos, sin gradiente de velocidad.
- 5) Para la determinación de la dosis del Sulfato de Aluminio, se tomó en referencia teniendo en cuenta las dosis reportadas en la mayoría de los estudios consultados, las cuales por lo general se encontraban en el intervalo de 30 a 60 mg/L.



Figura 2. Equipo de Jarras



V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO

REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje rendimiento de almidón:

La siguiente Tabla, muestra el porcentaje de rendimiento del almidón de papa.

Tabla 1.- Rendimiento del almidón de papa

MATERIAL	CANTIDAD	% RENDIMIENTO TEORICO
Peso inicial (g)	1000	
Pérdida o Regazo (%)	81,21	12 – 19
Almidón (%)	18,79	

El porcentaje de rendimiento obtenido de la especie de papa, se encuentra dentro del rango promedio de los parámetros teóricos según Mora en el 2006. Sin embargo cabe resaltar que en el proceso de pelado y lavado hay pérdida de almidón. Este porcentaje de rendimiento fue favorable, debido al proceso de extracción satisfactorio.

Caracterización del almidón:

La Tabla 2, presenta las características químicas del almidón de papa, de acuerdo a los datos obtenidos en la caracterización del almidón nativo se encontró un valor de humedad del 18.10% siendo un resultado mayor con respecto a la teoría según lo reportado por Arguello en el 2004, por lo cual se aumenta el riesgo a generar actividad de agua en el almacenamiento del almidón y por ende a un posible ataque de microorganismos. Mientras que la ceniza y la fibra disminuyen notoriamente, debido a que en el proceso de extracción y purificación del almidón dichos elementos fueron retirados en su mayoría. Básicamente estos porcentajes bajos determinan la eficiencia en el proceso de extracción

Tabla 2.- Caracterización del almidón de papa

VARIABLE	ALMIDÓN DE PAPA	TEÓRICO
HUMEDAD	18,10 %	13,10 %
CENIZAS	0,23 %	0,2863%
FIBRA	0,0093 %	0,2 %

Análisis de Espectroscopia Infrarroja FTIR

En la Figura 3, se presenta el espectro FTIR del AN el cual presenta las bandas características para este tipo de compuesto. La vibración del grupo hidroxilo aparece como una banda ancha en 3273 cm⁻¹, la vibración del enlace C-O de hidroxilos secundarios aparece en 995 cm⁻¹ y la vibración C-O-C en 1149 cm⁻¹, las bandas de vibraciones de tensión en el plano correspondientes a OH, se localizan



en 1336 cm^{-1} y la banda de tensión fuera del plano correspondiente a CH se encuentra en 1076 cm^{-1} . Confirmándose de esta manera la molécula de glucosa presente en el almidón nativo extraído de la papa.

En cuanto al espectro FTIR del AA se observa la formación de dos nuevas bandas; a 1728 cm^{-1} , que se atribuye a la vibración del grupo carbonilo, formado por la reacción de acetilación de los grupos hidroxilo y otra a 1228 cm^{-1} , característica de la vibración de tensión de los enlaces C-O de la función éster. La vibración de tensión de los enlaces O-H, C-C de los ésteres, aparecen a 1149 cm^{-1} . La vibración de flexión del grupo metilo del éster que se formó, aparece a 1369 cm^{-1} . Debido al alto grado de sustitución se observa que la intensidad de la banda correspondiente al grupo OH disminuye de manera considerable. Lo anterior denota claramente una modificación química del almidón.

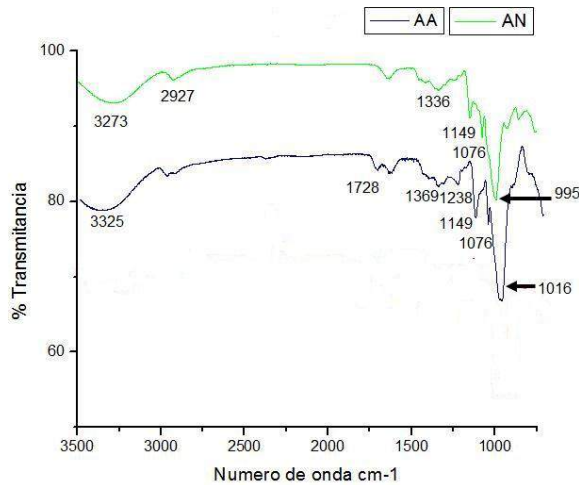


Figura 3. Espectro FTIR; Almidón Nativo y Acetilado

Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

Al ser observadas las micrografías, se tiene que los gránulos del Almidón Nativo presentan formas circulares para los tamaños pequeños y elípticos para los tamaños grandes. Se observó que el almidón de papa muestra una distribución normal de tamaño, este rango de distribución va de 5 a 40 μm , lo que significa que dichos almidones poseen gránulos pequeños, medianos y grandes (Robles, 2012). Aquellos altos en amilosa, tienden a ser más alargados e irregulares, Figura 4.

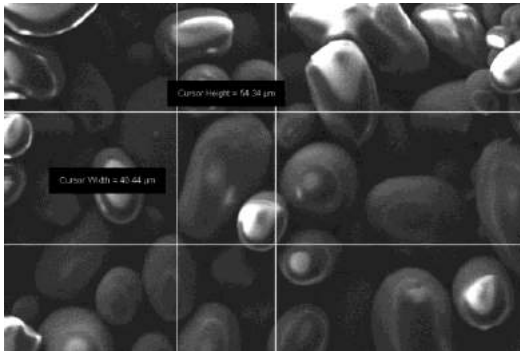


Figura 3. Fotografías de MEB, Almidón Nativo de papa
 Mientras que en el AA, Figura 4, muchos de los gránulos han perdido su forma, además que se inicia la creación de aglomerados indicando de esta manera una fuerte unión entre los puentes de hidrógenos de cada una de las cadenas del polímero. El tamaño de los aglomerados en el almidón acetilado, revela un tipo de cohesión intergranular diferente, que puede deberse a las modificaciones en los grupos funcionales, que se traducen a su vez en el incremento en los enlaces de hidrogeno y una consecuente fusión intergranular (Singh, Chawla y Singh, 2004).

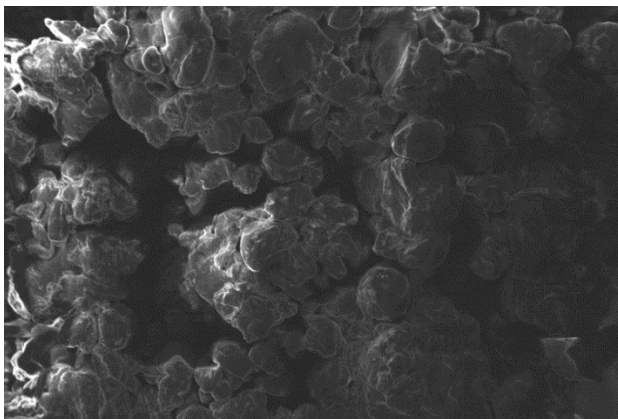


Figura 4. Fotografías de MEB, Almidón Acetilado de papa

Muestra: Se tomó como fuente de abastecimiento, el agua residual procedente de un caño del Municipio de Paipa- Boyacá que capta las aguas negras de aproximadamente 100 viviendas, a la altura de la Central Termoeléctrica de Papa. El tipo de agua residual que se presenta es de origen domestico; la fuente hídrica afectada por este vertimiento es el Rio Chicamocha.

Las características fisicoquímicas iniciales de la muestra de agua objeto del estudio se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.-Características iniciales del agua residual

Parámetro	Valor
Turbiedad (NTU)	355
Color (Pt-Co)	1660
Solidos Sedimentables (ml/L)	8,5
pH	7,34

Ensayo de jarras: El coagulante en polvo (Almidón) antes de ser adicionado a las muestras de agua cruda, se solubilizó en agua destilada, para lograrlo se agito durante 15 minutos a 250 rpm, manteniendo una temperatura de 35 °C.

El coagulante en polvo (Almidón) antes de ser adicionado a las muestras de agua cruda, se solubilizó en agua destilada, para lograrlo se agito durante 15 minutos a 250 rpm, manteniendo una temperatura de 35 °C.

En las figuras 5 a 7 se presentan los valores de la turbiedad y el color del agua tratada con los coagulantes estudiados; sulfato de aluminio, Almidón Nativo (AN) y Acetilado de papa (AA).

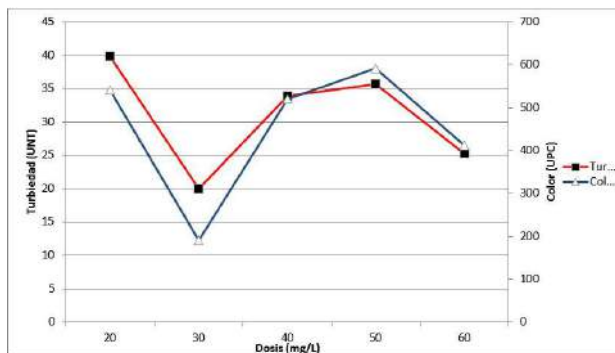


Figura 5. Comportamiento del Sulfato de Al

En la Figura 5, se observa que el coagulante utilizado tradicionalmente (Sulfato de Aluminio) para una dosis optima 30 mg/L, genera rendimientos de turbiedad próximos a los 20 UNT, color sobre los 190.5 UPC y un pH de 7,43. Lo cual indica que continúa siendo un agua con un color residual alto y que no se lograr alcanzar valores cercanos a los expuestos por el decreto 1594 de 1984.

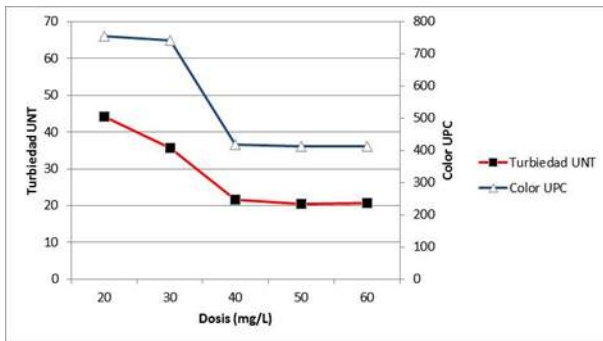


Figura 6. Comportamiento del AN.

En términos de la utilización del almidón nativo de papa para la remoción de color y turbidez, se observa en la Figura 6 que al aplicar este coagulante en una dosis optima de 50 mg/L, conduce a aportar beneficios apreciables en la calidad del agua tratada, arrojando valores de turbiedad de 20.4 UNT, color de 412 UPC y pH 7,56, valores próximos a los encontrados con el uso del sulfato de aluminio, exceptuando el valor de color que fue aproximadamente 2 veces más alto que el anterior. Lo cual representa ser muy favorable en la operación del tratamiento de aguas residuales.

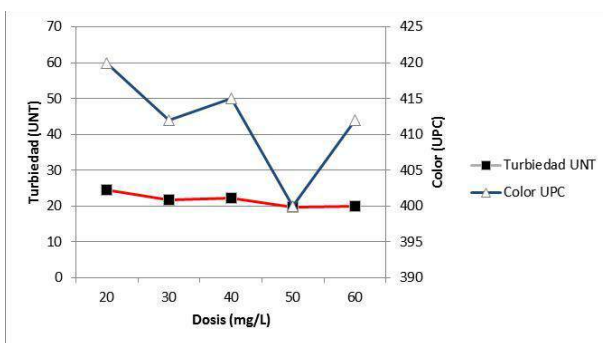


Figura 7. Comportamiento del AA.

En la Figura 7, se aprecia que mediante la utilización del Almidón Acetilado de papa, se alcanza una disminución gradual de la turbidez al adicionar una dosis optima de 50 mg/L, lo cual conduce a mejorar benéficamente la calidad del agua tratada, ya que está arroja valores de turbiedad menores de 19,6 UNT, color de 400 UPC y pH 7,56.

De lo anterior se puede determinar que de los almidones trabajados (AN y AA), el que refleja valores más bajos de color y turbiedad corresponde al Almidón Acetilado, comparado con el Sulfato de aluminio (coagulante tradicional); el valor del color si es considerablemente bajo. Sin embargo se puede establecer que el resultado del uso del almidón es satisfactorio, ya que, esta etapa de clarificación podría llegar a ser una de las etapas previas en el tratamiento de agua y estos parámetros pueden llegar a alcanzar valores más bajos en combinación de procesos posteriores.

Según los resultados presentados, en términos de remoción de turbiedad, se observó que el almidón de papa nativo o modificado (Acetilado), presenta una calidad aceptable desde el punto de vista



**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



fisicoquímico, y pueden llegar a ser utilizados como coagulantes primarios en el tratamiento de aguas residuales.

El uso de polímeros orgánicos provenientes del almidón de papa, ya sea nativo o modificado químicamente por acetilación, han demostrado mejorar la calidad del efluente e incrementa la velocidad de sedimentación, por lo cual al utilizar como coagulante natural al almidón de papa se reduciría el volumen de lodos depositados, de esta manera se facilita la disposición final y la reducción de costos de tratamiento.

El almidón de papa, puede ser utilizado como una alternativa para la remoción de carga contaminante en los cuerpos de agua, tanto en centros urbanos como rurales, garantizando su reusó y reduciendo el riesgo potencial a la salud y la eutrofización de las aguas.

4. CONCLUSIONES

La mayoría de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en Colombia usan generalmente sales de aluminio o de hierro, en muy pocos casos optan por utilizar polímeros naturales para la desestabilización de partículas coloidales presentes en los efluentes, debido principalmente al desconocimiento que existe por las ventajas y cualidades que cuentan estos productos naturales en el tratamiento de las aguas contaminadas.

Los resultados experimentales establecidos en condiciones de ensayo arrojan que el mejor coagulante-floculante fue el almidón de papa nativo ya que arroja datos muy próximos a los hallados con el sulfato de aluminio, sin embargo la acetilación del almidón presenta valores próximos a los anteriores pero por costos no se justificaría realizar dicha modificación, de la misma manera se indica que no es la modificación adecuada ya que con esta se consigue una aglomeración de los gránulos y por ende se dificulta una buena realización del proceso de coagulación-floculación.

Este tipo de coagulante-floculante natural surte efectos positivos en la remoción de partículas coloidales sin alterar el pH del agua después del tratamiento, sus lodos son inocuos y de menor cantidad que en los procesos con sulfato de aluminio.

Lo anterior muestra una alternativa viable para reemplazar el uso del sulfato de aluminio inicialmente en zonas urbanas y periurbanas donde no es posible hacer llegar el producto coagulante. Esta acción disminuirá las enfermedades de origen hídrico como las enfermedades diarreicas agudas (EDA), y consecuentemente se traduce en ahorro en medicamentos y costos hospitalarios, así como el mejoramiento de la calidad del agua, en este caso para fines de reusó.

Referencias Bibliográficas

. AOAC (1995). Official Methods of Analysis. Asociation of Oficial Analytic Chemistry. Washington D.C.





**V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO**
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5



APHA, AWWA, WPCP. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 2000.

Delgadillo, M. & Ramallo, J. (2003). Proceso de Coagulación. Floculación en el Agua. Química del Agua. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.

Ministerio del Medio Ambiente (2012). Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales. Guía

Molano, L. (2011). Las semillas de Moringa Oleífera Lam. Como alternativa coagulante natural para la purificación de agua. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Mora, M. (2006). Extracción y Caracterización fisicoquímica y funcional del almidón de malanga cultivada en el Municipio de Miraflores. Trabajo de Grado Química de Alimentos. Colombia. 76 p.

Mounthon, J. (2007). Tecnología apropiada para Colombia en agua potable y saneamiento. Cátedra Fulbright Uninorte. Memorias Cartagena. 5 – 10

Neyret, S. (2005) Journal of colloid and interface Science. Tecnología y Desarrollo. Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. 3. 1-8

Ortega, J.C. (2015). Reusó de aguas residuales domesticas en el municipio de San Juan del Cesar, La Guajira. Universidad de Manizales, Colombia.

PHILLIPS LEE, David, et al. General Application of Raman Spectroscopy for the Determination of Level of Acetylation in Modified Starches. En: American Association of Cereal Chemists. 1999, vol. 76, n. 3, p. 439 – 443.

Robles, M. (2012). Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. Tesis Ingeniero de Alimentos. Universidad Austral de Chile. 34 p.

Rodríguez, M., Lugo, U., Rojas, C., & Malaver, C. (2007). Evaluación del proceso de la coagulación para el diseño de una planta potabilizadora. Revista UMBRAL. 20, 8-17.

Singley, J. (1986). Revisión de la teoría de coagulación del agua. Gainesville: Universidad de la Florida.

Vázquez, O. (1994). Extracción de coagulantes naturales del Nopal y aplicación en la clarificación de aguas superficiales. Universidad Autónoma de Nuevo Colon, Monterrey, México.





V SEMINARIO INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
NUEVOS DESARROLLOS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
EN TORNO AL CAMBIO CLIMATICO
REGISTRO ISBN: 978-958-58769-6-5

