

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/422

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): ANDREINA APELLIDOS: ARCINIEGAS DURAN

NOMBRE(S): JULIETH KATHERINE APELLIDOS: LEÓN CORONEL

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AMBIENTAL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JOHN HERMÓGENES APELLIDOS: SUAREZ GELVEZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): FORMULACIÓN DE UNA PLAN PARA LA ADAPTACIÓN A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA OFERTA HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO PAMPLONITA DE NORTE DE SANTANDER.

### RESUMEN

Este proyecto expone la creación de una base de datos, la modelación de la oferta hídrica y cambio climático, y la formulación de un plan de adaptación a los impactos del cambio climático sobre la oferta hídrica de la Cuenca del Río Pamplonita. La base de datos 'Banco de información sobre Cambio Climático' (BACAMCLI) cuenta con 157 documentos repartidos en seis temas principales: adaptación, generalidades, modelos climáticos, oferta hídrica, trabajos relacionados y sitios de interés. Mediante la utilización de dos modelos hidrológicos se obtuvieron escenarios de oferta hídrica respecto a cambio climático para el período 2011 – 2040. El primer modelo es 'ABCD de Thomas', el cual dio como resultado valores de caudales para dieciséis subcuencas seleccionadas pertenecientes a la cuenca del Río Pamplonita. El segundo modelo es 'Modelo Termo – Hidrológico', el cual se trabajó en dos fases: (1) la fase hídrica y (2) la fase térmica e hídrica. Los resultados obtenidos mediante este último modelo fueron evidenciados en valores de escurrimiento, evapotranspiración potencial y evapotranspiración real. Se obtuvieron tres líneas estratégicas, cinco programas y diecinueve proyectos desarrollados de manera integral y enfocada a disminuir las debilidades con las que cuentan los municipios pertenecientes a la Cuenca del Río Pamplonita.

PALABRAS CLAVE: Agua Residual, Lodos Activados, Parámetros Cinéticos, Planta piloto,

Tratamiento biológico

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 422 PLANOS:     ILUSTRACIONES:        CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

FORMULACIÓN DE UN PLAN PARA LA ADAPTACIÓN A LOS IMPACTOS DEL  
CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA OFERTA HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO  
PAMPLONITA DE NORTE DE SANTANDER

ANDREINA ARCINIEGAS DURAN  
JULIETH KATHERINE LEÓN CORONEL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA AMBIENTAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016

FORMULACIÓN DE UN PLAN PARA LA ADAPTACIÓN A LOS IMPACTOS DEL  
CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA OFERTA HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO  
PAMPLONITA DE NORTE DE SANTANDER

ANDREINA ARCINIEGAS DURAN  
JULIETH KATHERINE LEÓN CORONEL

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero ambiental

Director

John Hermógenes Suarez Gelvez

Magister en Ingeniería sanitaria y ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA AMBIENTAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016

**ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO**

**FECHA:** 15 DE NOVIEMBRE DE 2016

**HORA:** 16:00

**LUGAR:** SALA DE PROFESORES FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE.

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA AMBIENTAL

**TITULO:** "FORMULACIÓN DE UN PLAN PARA LA ADAPTACIÓN A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA OFERTA HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO PAMPLONITA DE NORTE DE SANTANDER"

**MODALIDAD:** INVESTIGACIÓN

**JURADOS:** NÉSTOR ANDRÉS URBINA SUAREZ  
IBONNE GEANETH VALENZUELA B.  
JULIO ALEXANDER SANCHEZ E.

**DIRECTOR:** JOHN HERMOGENES SUÁREZ GELVEZ

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN
ANDREINA ARCINIEGAS DURAN	1650120	5.0
JULIETH KATHERINE LEÓN CORONEL	1650121	5.0

**OBSERVACIONES:**  
LAUREADA

**FIRMA DE LOS JURADOS:**

  
NÉSTOR A. URBINA S.

  
IBONNE G. VALENZUELA B.

  
JULIO A. SANCHEZ E.

Vo.Bo. Coordinador Comité Curricular

  
NÉSTOR ANDRÉS URBINA SUAREZ

## **Resumen**

Este proyecto expone los resultados obtenidos y el trabajo realizado para el cumplimiento de los tres objetivos específicos planteados, que consisten en la creación de una base de datos, la modelación de la oferta hídrica y cambio climático, y la formulación de un plan de adaptación a los impactos del cambio climático sobre la oferta hídrica de la Cuenca del Río Pamplonita; siendo este último el objetivo general del proyecto.

La base de datos ‘Banco de información sobre Cambio Climático’ (BACAMCLI) cuenta con 157 documentos en total repartidos en seis temas principales, que son: (1) adaptación, (2) generalidades, (3) modelos climáticos, (4) oferta hídrica, (5) trabajos relacionados y sitios de interés.

Mediante la utilización de dos modelos hidrológicos se obtuvieron escenarios de oferta hídrica respecto a cambio climático para el período 2011 – 2040. El primer modelo es ‘ABCD de Thomas’, el cual dio como resultado valores de caudales para dieciséis subcuencas seleccionadas pertenecientes a la cuenca del Río Pamplonita. El segundo modelo es ‘Modelo Termo – Hidrológico’, el cual se trabajó en dos fases: (1) la fase hídrica y (2) la fase térmica e hídrica. Los resultados obtenidos mediante este último modelo fueron evidenciados en valores de escurrimiento, evapotranspiración potencial y evapotranspiración real.

En cuanto al plan de adaptación se obtuvieron tres líneas estratégicas, cinco programas y diecinueve proyectos desarrollados de manera integral y enfocada a disminuir las debilidades con las que cuentan los municipios pertenecientes a la Cuenca del Río Pamplonita.

## **Agradecimientos**

Agradecemos primeramente a Dios y a la vida por permitirnos desarrollar de manera exitosa nuestras metas propuestas, presentándonos a las personas correctas en el momento correcto, guiándonos en el camino al éxito. A nuestros padres, María Angélica Duran Álvarez y José Alberto Arciniegas Duran, María del Rosario Coronel Omaña y Marco León García, quienes nos forjaron para convertirnos en las personas que somos, apoyándonos a lo largo de toda la carrera y motivándonos en la realización del presente trabajo.

A nuestro tutor, John Hermogenes Suarez Gelvez, quien nos ha servido como guía y apoyo incondicional en cada una de las etapas de esta investigación, impulsándonos a dar lo mejor de nosotras, motivándonos a hacer las cosas lo mejor posible y apoyándonos a conseguir mejores oportunidades.

Al PhD Gustavo Adolfo Carrillo Soto, quien nos brindó su asesoría durante la fase de la modelación, permitiéndonos el uso del modelo ABCD de Thomas y explicándonos el funcionamiento del mismo. De igual manera, fue una gran ayuda para la obtención de datos y análisis de los resultados obtenidos mediante este modelo.

Al PhD Víctor Manuel Mendoza Castro, de la Universidad Nacional Autónoma de México, quién nos recibió en el Centro de Ciencias de la Atmosfera (CCA) y nos permitió usar el modelo Termo – Hidrológico (MTH) para tener una segunda modelación en la tesis. Así mismo, le agradecemos su tiempo en la explicación del modelo y colaboración en la adaptación del mismo para que quedará acorde a la región de trabajo.

A todo el equipo de investigación de modelos climáticos perteneciente al Centro de Ciencias de la Atmosfera(CCA), en especial al PhD Ovel Díaz García y al MsC Diego Jiménez

de la Cuesta Otero quienes brindaron un apoyo incondicional, siendo guías en el desarrollo del modelo, apoyándonos en cada proceso establecido para lograr el funcionamiento de este.

Agradecemos a la Universidad Francisco de Paula Santander, de manera especial a la oficina de Relaciones Internacionales, que gracia a su gestión y colaboración fue posible realizar el contacto con la Universidad Nacional Autónoma de México y poder realizar la movilidad hasta la Ciudad de México para realizar las prácticas profesionales de ambas y poder alimentar los resultados del proyecto.

De manera especial, a nuestros amigos Victoria Villamizar Ibarra y Julio Sánchez E. quienes dieron un apoyo incondicional durante el proceso de desarrollo del presente trabajo, acompañándonos en cada fase y en cada proceso establecido para el cumplimiento de las metas propuestas, dedicándonos su tiempo y su espacio laboral sin ninguna condición.

## Tabla de contenido

Introducción	1
1.1 Título	5
1.2 Planteamiento del problema	5
1.3 Formulación del problema	8
1.4 Justificación	8
1.5 Objetivos	10
1.5.1 Objetivo general.	10
1.5.2. Objetivos específicos	10
1.6 Delimitaciones	11
1.6.1 Alcances y Limitaciones	11
1.6.2 Delimitaciones	13
1.6.2.1 Espacial	13
1.6.2.2 Temporal	13
1.6.2.3 Conceptual	13
Capítulo 2. Marco referencial	14
2.1 Antecedentes	14
2.2 Marco teórico	18
2.2.1 Gestión integral de la calidad del aire	18
2.2.1.1 Plan de gestión de la calidad del aire (PGCA)	20
2.2.2 Cambio climático	21
2.2.3 Modelación climática	26
2.2.3.1 Modelo ‘ABCD’ de Thomas	28
2.2.3.2 Modelo Termo - Hidrológico (MTH)	30
2.2.4 Oferta hídrica	37
2.2.5 Plan de adaptación al cambio climático	41
2.2.5.1 Etapa I. Preparación y planificación	42
2.2.5.2 Etapa II. Gestión de información para la sostenibilidad en escenarios de cambio climático	43
2.2.5.3 Etapa III. Identificación y priorización de medidas de adaptación	44
2.2.5.4 Etapa IV. Diseño e implementación de medidas de adaptación	45
2.2.5.5 Etapa V. Seguimiento y evaluación de medidas de adaptación.	45
2.2.5.6 Estrategia financiera.	46
2.3 Marco contextual	47
2.4 Marco conceptual	54
2.5 Marco legal	62
2.4.1 Marco legal internacional	62
2.4.2 Marco legal nacional.	63
Capítulo 3. Metodología	68



3.1 Tipo de investigación	68
3.2 Fases de la investigación	68
3.2.1 Revisión de literatura.	68
3.2.2 Diseño de una estrategia para la elaboración del plan de adaptación al cambio climático de Norte de Santander	70
3.2.3 Modelación del cambio climático y su impacto en la oferta hídrica	71
3.2.3.1 Modelo abcd de Thomas	71
3.2.3.2 Modelo termo-hidrológico (Parte Hídrica)	76
3.2.3.3 Modelo Termo - Hidrológico (Parte térmica)	80
3.2.4 Formulación del plan de adaptación al cambio climático	82
3.3 Instrumentos	84
3.4 Técnicas de recolección de datos	85
3.5 Técnicas de análisis	85
Capítulo 4. Banco de información sobre cambio climático (bacamcli)	87
Capítulo 5. Modelación hidrológica	91
5.1 Modelo hidrológico abcd de Thomas	91
5.1.1 Subcuenca 1 ‘Caño Negro’	99
5.1.2 Subcuenca 2 ‘Faustinera’	104
5.1.3 Subcuenca 3 ‘Don Pedra’	108
5.3.4 Subcuenca 4 ‘Modelo’	112
5.1.5 Subcuenca 6 ‘Juana Paula’	117
5.1.6 Subcuenca 7 ‘Los Padres’	121
5.1.7 Subcuenca 12 ‘Regaderas’	125
5.1.8 Subcuenca 13 ‘Tascarena’	130
5.1.9 Subcuenca 14 ‘Agua Negra’	134
5.1.10 Subcuenca 15 ‘La Honda’	138
5.1.11 Subcuenca 16 ‘Suarez’	143
5.1.12 Subcuenca 17 ‘Iscalá’	147
5.1.13 Subcuenca 18 ‘Chiracoca’	152
5.1.14 Subcuenca 19 ‘El Laurel’	156
5.1.15 Subcuenca 21 ‘El Naranjo’	161
5.1.16 Subcuenca 25 ‘El Volcán’	165
5.2 Modelo termo hidrológico (parte hídrica)	170
5.2.1 Esguerrimiento (Q).	171
5.2.2 Evapotranspiración (E).	192
5.2.3 Evapotranspiración Potencial (ETP)	214
5.3 Modelo termo hidrológico (parte térmico – hidrológica)	236
5.3.1 Esguerrimiento (Q)	237
5.3.2 Evapotranspiración Real (ETR)	264
5.3.3 Evapotranspiración Potencial (ETP)	292
Capítulo 6. Plan de adaptación	322
Conclusiones	326

Recomendaciones	332
Bibliografía	334
Anexos	337