

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina
(organizador)

VOL II

 EDITORA
ARTEMIS
2023

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina
(organizador)

VOL II

 EDITORA
ARTEMIS
2023



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Xosé Somoza Medina
Imagem da Capa	peacestock/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México

Prof.^ª Dr.^ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.^ª Dr.^ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.^ª Dr.^ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.^ª Dr.^ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
Prof.^ª Dr.^ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.^ª Dr.^ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
Prof.^ª Dr.^ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof.^ª Dr.^ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
Prof.^ª Dr.^ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.^ª Dr.^ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*
Prof.^ª Dr.^ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal



Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico II [livro eletrônico] / Organizador Xosé Somoza Medina. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-76-7

DOI 10.37572/EdArt_270223767

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Tecnologia – Aspectos ambientais. I. Somoza Medina, Xosé.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



**EDITORA
ARTEMIS**

2023

Editora Artemis

Curitiba-PR Brasil

www.editoraartemis.com.br

e-mail: publicar@editoraartemis.com.br

PRÓLOGO

Este libro presenta una colección de artículos de investigación que bajo distintos ámbitos de conocimiento realizan avances de interés en la ciencia y la tecnología. La sociedad del siglo XXI se distingue de la de épocas pretéritas por su capacidad analítica. A diferencia de lo que ocurría en otras épocas, en nuestro mundo contemporáneo tenemos demasiada información y avanzar en el conocimiento significa realizar una investigación original sobre otros antecedentes previos y analizar una gran cantidad de datos para poder extraer conclusiones que signifiquen un desarrollo, un avance entre la situación anterior y la posterior, aunque sea a pequeña escala en un contexto local y en un ámbito científico muy concreto. La suma de miles de esos pequeños avances y la interconexión mundial sostienen a la ciencia y la tecnología del siglo XXI.

Este es el objetivo de este libro, realizar avances en la ciencia y la tecnología para el desarrollo ambiental, cultural y socioeconómico, desde un posicionamiento académico, comprometido con el rigor científico y el desarrollo del ser humano.

Para ello se han compendiado veinticuatro artículos de investigación en dos apartados, ciencia y tecnología. En el primer conjunto nos encontramos con artículos que desde las ciencias ambientales o las ciencias sociales realizan propuestas de mejora de aspectos concretos sobre hidrología, regeneración de suelo agrícola, cuidado ambiental, recursos humanos, ciudades igualitarias o paisajes culturales.

En el segundo bloque, se agrupan trabajos de ingeniería química, ingeniería industrial o ingeniería forestal que relatan avances en distintas tecnologías, relacionadas con el biogás de los vertederos de residuos, los usos de nuevos materiales sintéticos, la química de determinados productos y su toxicidad, o las características bioestructurales de la madera de roble.

Xosé Somoza Medina
Universidad de León, España

SUMÁRIO

I CIENCIAS PARA EL DESARROLLO AMBIENTAL, CULTURAL Y SOCIOECONÓMICO

CAPÍTULO 1..... 1

EL RÍO NAZAS COMO SOLUCIÓN BASADA EN LA NATURALEZA PARA LA COMARCA LAGUNERA

Ana Cecilia Tobías Estrada

José Avidán Bravo Jácome

Alejandra Peña García

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2702237671

CAPÍTULO 2..... 19

SIMULACIÓN Y PRONÓSTICO DE CAUDALES DIARIOS DEL RÍO AMAZONAS (TAMSHIYACU) USANDO MODELO HÍBRIDO WAVELET REDES NEURONALES

Lucio Vergara Saturno

Waldo Sten Lavado-Casimiro

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2702237672

CAPÍTULO 3..... 38

BIORESTORATION OF AN AGRICULTURAL SOIL IMPACTED BY WASTE MOTOR OIL

Monserrat Torres-Olaya

Juan Luis Ignacio-De la Cruz

Gabriel Gallegos-Morales

Juan Manuel Sánchez-Yáñez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2702237673

CAPÍTULO 4..... 50

CARBONO ORGÁNICO SECUESTRADO EN SISTEMAS AGROFORESTALES EVALUADOS EN EL CANTÓN MEJÍA, PICHINCHA, ECUADOR

R. A. Ramos Veintimilla

C. M. Nieto Cabrera

J. R. Limongi Andrade

F. M. Romero Mancero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2702237674

CAPÍTULO 5..... 65

CREATIVIDAD, INGENIO Y EDUCACIÓN PARA TRANSFORMAR EN VALOR LOS RESIDUOS GENERADOS DE LA PODA DE ÁRBOLES; EL CASO DEL PROSOPIS GLANDULOSA (MEZQUITE)

José Melero-Oláguez
Argelia Melero-Hernández
Jorge Murillo-Romo
Arturo Murillo-Herrera

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2702237675

CAPÍTULO 6..... 74

PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y FOMENTO DE LA CULTURA DE CUIDADO AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN ATZOMPA, PUEBLA, MÉXICO

Sergio Alberto Vega Cisneros
Fabiola Mendoza Morales
Rosa María Canalizo Bravo
M.A. Claudia Domínguez Olmos
M.A. Rosario Mejía Ramírez
M.A. Adalit Arias Aragón

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2702237676

CAPÍTULO 7..... 80

EMPRENDEDORISMO 360°

Luis Alberto Ynfante

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2702237677

CAPÍTULO 8..... 89

ELEMENTOS CLAVES PARA LA PROFESIONALIZACIÓN DEL RECURSO HUMANO EN ORGANISMOS OPERADORES DE MÉXICO

Carlos Alejandro Hernández Morales
Daniel Salas Limón

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2702237678

CAPÍTULO 9..... 102

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO ESCOLAR MODALIDAD VIRTUAL Y PRESENCIAL EN LA UNIDAD DE APRENDIZAJE DE FÍSICA BÁSICA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE

Mayté Cadena González

María Alejandra Sarmiento Bojórquez

Juan Fernando Casanova Rosado

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2702237679

CAPÍTULO 10..... 115

MEJORAMIENTO DE LA FUERZA DE TRABAJO UTILIZANDO SIMULACION

Jorge Tomás Gutiérrez Villegas

María Leticia Silva Ríos

Edgar Omar Gutiérrez Villegas

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376710

CAPÍTULO 11..... 125

LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LAS CIUDADES ESPAÑOLAS. UN ANÁLISIS EXPLORATORIO

Bárbara Atanes Delgado

Xosé Somoza Medina

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376711

CAPÍTULO 12..... 149

UN SENDERO CON TERRITORIALIDAD LOCAL EN LA QUEBRADA DE EL TALA, VALLE DE CATAMARCA

Ezequiel Fonseca

Claudio Caraffini

Cristian Melián

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376712

II TECNOLOGÍAS PARA PARA EL DESARROLLO AMBIENTAL, CULTURAL Y SOCIOECONÓMICO

CAPÍTULO 13..... 158

ESTUDIO DE MODELOS MATEMATICOS PARA CALCULO DEL BIOGAS PRODUCIDO EN UN VERTEDERO

Sandra Maria Martinez

Patricia María Albarracin

Luis Francisco Garcia

Santiago Ezequiel Torres

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376713

CAPÍTULO 14..... 164

TECNOLOGÍA BTS-MP_{DRY} PARA LA LIMPIEZA DEL BIOGÁS. UNA FORMA EFICIENTE DE ELIMINAR COMPONENTES PELIGROSOS DEL BIOGÁS DE VERTEDEROS

Joaquín Reina Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376714

CAPÍTULO 15..... 174

GEOPOLÍMEROS: EL AVE FENIX DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EMERGENTES Y SU APLICACIÓN EN LA REMEDIACIÓN AMBIENTAL

Luis Felipe Rodríguez Alfaro

Edith Luévano Hipólito

Leticia Myriam Torres Martínez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376715

CAPÍTULO 16..... 185

MACROPOROUS SILICON STRUCTURES IN 700 NM AND 500 NM

Angel Rodríguez

Didac Vega

Jordi Llorca

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376716

CAPÍTULO 17..... 198

PARTIAL REPLACEMENT OF SODIUM CHLORIDE BY POTASSIUM CHLORIDE IN GREEN TABLE OLIVES. LOOKING FOR A HEALTHY AND ECONOMIC ALTERNATIVE IN ARGENTINA

Mariela Beatriz Maldonado

Leonel Lisanti

Ariel Márquez

Noemi Graciela Maldonado

Pablo Enrique Martín

Daniela Adriana Barrera


 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376717

CAPÍTULO 18..... 207

ENSAYOS DE PUESTA A PUNTO PARA ESTUDIOS DE DIFUSIÓN DE ARSÉNICO EN *DAUCUS CAROTA*

Oscar Daniel Galvez

Mariela Beatriz Maldonado

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376718

CAPÍTULO 19 **216**

TOXIC EFFECTS OF CONSTITUENTS OF THE FERN *STICHERUS QUADRIPARTITUS* AGAINST *SPODOPTERA FRUGIPERDA* AND *PLODIA INTERPUNCTELLA*

Fernando Livio Corzo

Susana Beatriz Popich

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376719

CAPÍTULO 20 **228**

ANÁLISIS DE CASO EN EL CAMPO DE LA INGENIERÍA HACIENDO USO DE TÓPICOS DE LAS CIENCIAS BÁSICAS. UN ENFOQUE BASADO DISEÑO INSTRUCCIONAL

Alejandro Armando Hossian

Emanuel Maximiliano Alveal

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376720

CAPÍTULO 21 **245**

SUPPLEMENTARY FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) FOR SAFETY APPLICATION STANDARDS DIN EN ISO 13849 SAFETY FUNCTION-FMEA

Christa Düsing

David Prust

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376721

CAPÍTULO 22 **264**

REACCIÓN DE ESPECIES FORESTALES DE ULTRA-RÁPIDO CRECIMIENTO A PODA TOTAL, EN ESTEPA ESPINOSA MONTANO BAJO, ECUADOR

R. A. Ramos Veintimilla

A. S. Guanaga Paredes

F. A. Sigcha

F. M. Romero Mancero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376722

CAPÍTULO 23 **279**

INFLUENCIA DE LA PARED CELULAR EN LA DENSIDAD DE LA MADERA DE ROBLE (*Quercus robur* L.)

Guillermo Riesco Muñoz

Andrés Remacha Gete

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376723

CAPÍTULO 24288

EMERGENCY REMOTE TEACHING IN PROCESS SIMULATION USING DWSIM: A
CASE STUDY FROM DIQ-UMAG, CHILEAN PATAGONIA

Daniela Navarro-Pérez

Juan C. Moreno-Díaz

Pedro Simeone-Barrientos

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27022376724

SOBRE O ORGANIZADOR.....312

ÍNDICE REMISSIVO313

CAPÍTULO 13

ESTUDIO DE MODELOS MATEMATICOS PARA CALCULO DEL BIOGAS PRODUCIDO EN UN VERTEDERO

Data de submissão: 16/01/2023

Data de aceite: 03/02/2023

Sandra Maria Martinez

Mg. Ingeniera Civil
Dpto Ing. Mecánica
Facultad Regional Tucumán
Universidad Tecnológica Nacional
Prov. Tucumán – Argentina
Cvar: sandramartinez

Patricia María Albarracin

Mg. Ing. Azucarera
CEDIA
Facultad Regional Tucumán
Universidad Tecnológica Nacional
Prov. Tucumán – Argentina
Cvar: palbarracin

Mg. ing. Luis Francisco Garcia

Dpto. Mecánica
Facultad Regional Tucumán
Universidad Tecnológica Nacional
Prov. Tucumán – Argentina
Cvar: luisfranciscogarcia

Santiago Ezequiel Torres

Dpto. ing Electrica
Facultad Regional Tucumán
Universidad Tecnológica Nacional
Prov. Tucumán – Argentina

RESUMEN: En este trabajo se estudió el aprovechamiento sustentable del potencial energético de los gases provenientes de la disposición de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en el municipio de Tafí Viejo-Tucumán Argentina, mediante tecnología de vertederos controlados. Se evaluó el potencial energético del biogás producido por el componente inorgánico de degradabilidad rápida no tratado y el componente orgánico de los RSU. Para la estimación de la producción de biogás se estudiaron modelos matemáticos y se compararon resultados obtenidos de la aplicación de diferentes modelos: LandGem simplificado, Modelo mexicano y el LandGEM (v.3.02) - EPA E.E.U.U, aceptados por IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change, para ello se consideraron las características físicas del entorno; la cantidad y calidad de residuo vertido anualmente. Estos datos servirán luego para calcular la energía eléctrica que se puede generar con el biogás captado. Los resultados obtenidos mostraron potencialidad del vertedero para la producción de biogás y su aprovechamiento energético considerando que el caudal obtenido obedece a condiciones climáticas, técnicas de operación y tecnologías de captación y transporte. Este estudio pretende propiciar proyectos de economía circular y aporta a la transformación del RSU en un activo sustentable.

PALABRAS CLAVE: Biomasa. Residuos sólidos urbanos. Abastecimiento energético. Bioenergía.

STUDY OF MATHEMATICAL MODELS TO CALCULATE THE BIOGAS PRODUCED IN A LANDFILL

ABSTRACT: In this work, was studied the sustainable use of the energy power of gases from the disposal of Urban Solid Waste (MSW) generated in the municipality of Tafi Viejo-Tucumán, Argentina. For the estimation of biogas production, mathematical models were studied and results obtained from the application of different models were compared: Simplified LandGem, Mexican Model and LandGEM (v.3.02) - US EPA, accepted by IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change). For this, the physical characteristics of the environment were considered, as well as the quantity and quality of waste dumped annually. These data will then be used to calculate the electrical power that can be generated with the captured biogas. The results obtained showed the potential of the landfill for the production of biogas and its energy use, considering that the flow obtained is due to climatic conditions, operating techniques, and collection and transportation technologies. This study aims to promote circular economy projects and contributes to the transformation of the MSW into a sustainable asset.

KEYWORDS: Biomass. Solid urban waste. Energy supply. Bioenergy.

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico y el incremento de la prosperidad de la población generan un mayor consumo de energía a nivel mundial, a su vez existe la necesidad de impulsar una transición más rápida hacia un futuro con menos emisiones de carbono y la posibilidad de incorporar energías renovables sustentables (BP 2019). En la actualidad se está incrementando el empleo de las energías de origen renovable en relación con el siglo anterior y está previsto que su utilización sea cada vez mayor (IEA 2017).

Por otro lado, el problema de los residuos sólidos urbanos (RSU), en la gran mayoría de los países y particularmente en determinadas regiones, se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas, el desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida, así como también debido a otra serie de factores que conllevan a la contaminación del medio ambiente y al deterioro de los recursos naturales (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017).

Los actuales sistemas de gestión de residuos sólidos urbanos incorporan tecnologías con el fin de valorizar el pasivo energético de los RSU. (Waste-to-Energy-WTE).

La conversión de RSU en energía es hoy una actividad extendida en países del primer mundo, con el objetivo fundamental de disponer en forma eficiente los residuos producidos por las comunidades, minimizando así la contaminación ambiental asociada a su inadecuado manejo y disposición (Castellón Zelaya y Rivera Madriz, 2015). En este

sentido, en el mundo, se estudia el potencial de valoración energética directa de los residuos sólidos urbanos (RSU), y la optimización del aprovechamiento energético de los RSU con miras a la inclusión de este vector energético en el plan de energías renovables (IDAE, Madrid 2011).

Este trabajo trata sobre el aprovechamiento sustentable del potencial energético de los gases provenientes de la disposición de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en el municipio de Tafí Viejo mediante la tecnología de vertederos controlados y forma parte de una tesis de Maestría en Ingeniería Bioenergética.

En este estudio se evalúa el potencial energético del biogás producido por el componente inorgánico de los RSU desechados en la planta de reciclaje y el componente orgánico y de degradabilidad rápida (papel cartón, madera y textiles) de los RSU, (gestionados por el municipio de Tafí Viejo). mediante la tecnología de vertedero controlado.

Se estimó la producción de metano mediante el uso de modelados matemáticos y se usó el más aceptado por IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change) que es el LandGEM (v.3.02) - EPA E.E.U.U; considerando las características físicas del entorno; la cantidad y calidad de residuo vertido anualmente. Estos datos servirán luego para calcular la energía eléctrica que se puede generar con el biogás captado.

2 METODOLOGÍA

Para poder proyectar el potencial de generación de biogás desde los RSU se estudiaron y compararon tres modelos matemáticos.

- Modelo de Scholl Canyon o LandGem simplificado.
- LandGEM (v.3.02) - EPA E.E.U.U.
- Modelo Mexicano de Biogás, 2.0 - EPA.
- GasSim (UK) Modelo MDL-UNFCCC (Herramienta para determinar las emisiones de metano evitadas en CDF RSU).

El Modelo de Scholl Canyon o LandGem simplificado es una ecuación exponencial de decaimiento de primer orden que se basa en que la tasa de generación de gas en un instante determinado es función de la masa disponible de residuos (M), el potencial de generación de gas (LO), la tasa de generación de gas (k) y la edad de los residuos. Este modelo ignora las tres primeras etapas de la actividad bacteriana y se basa simplemente en las características observadas del crecimiento de las bacterias en los sustratos. Los parámetros del modelo son determinados empíricamente por medio de la correlación de datos de campo con mediciones en la variación de la humedad y otras condiciones dentro del vertedero.

El Modelo LandGEM (Landfill Gas Emisión Model) v. 3.02 es un programa desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Está basado en la ecuación de Scholl-Canyon, con la particularidad de que la masa de residuos aceptada en el año i -ésimo es dividida en submasas con el objetivo de lograr un mayor refinamiento del modelo, diferenciándose del modelo de Scholl-Canyon en que este integra la producción de gas anualmente, en tanto que la última versión del modelo LandGEM v3.02 integra la generación de metano en incrementos de un décimo de año produciendo menores valores de emisiones respecto de las versiones precedentes para un mismo valor de k (coeficiente de velocidad de generación de metano).

Según Amini et al. (2012) el modelo es relativamente insensible a la variación de los parámetros k y L_0 . Para mejorar la sensibilidad del modelo, es necesario incluir la adición otros parámetros o utilizar un modelo de mayor orden. Sin embargo, estos cambios podrían comprometer una de las principales ventajas de este modelo, su simplicidad (Amini et al, 2012).

El Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0 provee automáticamente valores para índice de generación de metano (k) y el potencial de generación de metano L_0 (SCS Engineers 2009). Estos pueden ser modificados de acuerdo con las características *in situ*.

En estos modelos pueden tomarse valores preestablecidos de K y L_0 , pero también pueden calcularse según las características particulares de sitio y residuos.

Se puede asimilar en cantidad de lluvia a la zona centro interior con precipitaciones entre 750- 1000 mm, con características climáticas similares y considerando la degradación del residuo DRMR (moderadamente rápida ya que, se consideran orgánicos y rechazos de residuo reciclable de cartón, papel en gran porcentaje).

Se aplico los modelos a los datos de RSU del Municipio de Tafi Viejo, Tucumán.

Se asumió que la composición del gas en volumen es de 50% metano y 50% dióxido de carbono (US EPA 2.005; Sharma y Reddy, 2004).

Se asumió que la producción de gas encuentra su máximo justo después de su emplazamiento, considerando un determinado tiempo de retraso en el cual se considera que se establecen las condiciones anaeróbicas, y luego la producción decrece exponencialmente, dado que el contenido de materia orgánica en el residuo es consumido.

3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1 según los distintos modelos aplicados.

Tabla 1: Cuadro comparativo con resultados de QCH4 m3/año según las distintas metodologías aplicadas.

Año	modelo Landgem simplificado		modelo Landgem 3,02 a)	modelo Landgem 3,02 b)	modelo Mexicano
	Q (m3de CH4)/	Qm3 anual	Q m3/anual	Q m3/anual	Q m3/anual
2020	42654,28	42654,28	0,00	0,00	0
2021	39374,96	82029,24	95252,57	74307,72	117655,53
2022	36347,76	118377,00	185859,62	142902,39	226591,59
2023	33553,29	151930,28	272047,71	206223,25	327454,38
2024	30973,66	182903,95	354032,35	264675,78	420842,21
2025	28592,36	211496,31	432018,56	318634,26	507309,06
2026	26394,14	237890,45	506201,34	368444,21	587367,84
2027	24364,92	262255,38	576766,18	414424,59	661493,45
2028	22491,71	284747,09	643889,53	456869,84	730125,60
2029	20762,52	305509,61	707739,24	496051,73	793671,42
2030	19166,27	324675,87	768474,96	532221,19	852507,84
2031	17692,74	342368,61	826248,56	565609,80	906983,89
2032	16332,49	358701,10	881204,51	596431,37	957422,71
2033	15076,83	373777,93	933480,23	624883,27	1004123,50
2034	13917,70	387695,63	983206,44	651147,68	1047363,29
2035	12847,69	400543,32	1030507,46	675392,79	1087398,57

Se encontró que la mayoría de los modelos tienden a sobreestimar la generación de biogás, sin embargo, se ha registrado que el modelo LandGEM tiende a subestimar dichas emisiones (Thompson et al, 2009; Amini et al, 2011; Ogor y Guerbois, 2005 en Amini et al, 2011) Esto puede considerarse como comportamiento conservador del modelo desde el punto de vista del aprovechamiento del biogás frente a las incertidumbres asociadas a los procesos físicos, químicos y biológicos de la generación de biogás.

Otra modificación de LanGem considera la siguiente ecuación donde se estima la generación máxima de metano teniendo en cuenta los años posteriores al cierre.

4 CONCLUSIONES

Como conclusión de este trabajo observamos que se puede determinar mediante modelos matemáticos la cantidad de metano producido en el vertedero controlado propuesto para luego estimar su conversión a energía eléctrica.

La variación en la producción de biogás de un vertedero es sensible a las condiciones ambientales y operativa del mismo, y el análisis de las posibilidades debe particularizarse para cada caso.

El modelo más aceptado por IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change) es el LandGEM (v.3.02) - EPA E.E.U.U.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amini H., Reinhart D., Mackie K. (2012). "Determination of first-order landfill gas modeling parameters and uncertainties". Waste Management 32, 305-316. February 2012 Waste Management 32(2):305-16 DOI: 10.1016/j.wasman.2011.09.021.

BP. 2019. BP (British Petroleum) Energy Outlook 2019 edition. Disponible en: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf>.

(IEA 2017). IEA. 2017. Global oil supply to lag demand after 2020 unless new investments are approved soon. International Energy Agency. 6 de marzo de 2017. Disponible en: <https://www.iea.org/>(Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017).

Castellón Zelaya y Rivera Madriz, 2015). Aprovechamiento energético y estabilización de residuos sólidos urbanos tratados en digestores anaeróbicos de la planta de biogás de San Marcos, Nicaragua. Presentado XXIX Congreso Centro Americano <https://www.anisanic.org/documentos/Aprovechamientoenergetico.pdf>

(IDAE, Madrid 2011). IDAE, Madrid 2011. Situación y potencial de valoración directa de los residuos Estudio técnico PR 2011-2020. Disponible en https://www.documentos_11227_e15_residuos_c3ead071.pdf

Ogor, Y., Guerbois, M., 2005. Comparison of landfill methane emission models: a case study. Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, Sardinia, Italy.

Sharma H.D. y Reddy K.R. (2004). "Geoenvironmental Engineering. John Wiley & Sons, New Jersey).

SCS Engineers 2009). SCS Engineers. (2009). Manual de Usuario Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0 [en línea]. http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/manual_del_usuario_modelo_mexicano_de_biogas_v2_2009.pdf 22/02/2014).

Thompson, s., Sawyer j., Bonam r., j.e. Valdivia. (2009). building a better methane generation model: validating models with methane recovery rates from 35 canadian landfills. waste management 29: 2085–2091.

US EPA 2.005; US-EPA. Global anthropogenic Non-CO2 greenhouse gas emissions: 1990-2020. U.S. EPA, 2005, Washington DC.

SOBRE O ORGANIZADOR

Xosé Somoza Medina (1969, Ourense, España) Licenciado con Grado y premio extraordinario en Geografía e Historia por la Universidad de Santiago de Compostela (1994). Doctor en Geografía e Historia por la misma universidad (2001) y premio extraordinario de doctorado por su Tesis “Desarrollo urbano en Ourense 1895-2000”. Profesor Titular en la Universidad de León, donde imparte clases desde 1997. En la Universidad de León fue Director del Departamento de Geografía entre 2004 y 2008 y Director Académico de la Escuela de Turismo entre 2005 y 2008. Entre 2008 y 2009 ejerció como Director del Centro de Innovación y Servicios de la Xunta de Galicia en Ferrol. Entre 2007 y 2009 fue vocal del comité “Monitoring cities of tomorrow” de la Unión Geográfica Internacional. En 2012 fue Director General de Rehabilitación Urbana del Ayuntamiento de Ourense y ha sido vocal del Consejo Rector del Instituto Ourenseño de Desarrollo Local entre 2011 y 2015. Ha participado en diversos proyectos y contratos de investigación, en algunos de ellos como investigador principal, con temática relacionada con la planificación urbana, la ordenación del territorio, las nuevas tecnologías de la información geográfica, el turismo o las cuestiones demográficas. Autor de más de 100 publicaciones relacionadas con sus líneas de investigación preferentes: urbanismo, turismo, gobernanza, desarrollo, demografía, globalización y ordenación del territorio. Sus contribuciones científicas más importantes se refieren a la geografía urbana de las ciudades medias, la crisis del medio rural y sus posibilidades de desarrollo, la evolución del turismo cultural como generador de transformaciones territoriales y más recientemente las posibilidades de reindustrialización de Europa ante una nueva etapa posglobalización. Ha participado como docente en masters y cursos de especialización universitaria en Brasil, Bolivia, Colombia, Paraguay y Venezuela y como docente invitado en la convocatoria Erasmus en universidades de Bulgaria (Sofía), Rumanía (Bucarest) y Portugal (Porto, Guimarães, Coimbra, Aveiro y Lisboa). Ha sido evaluador de proyectos de investigación en la Agencia Estatal de Investigación de España y en la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). Como experto europeo en Geografía ha participado en reuniones de la Comisión Europea en Italia y Bélgica. Impulsor y primer coordinador del proyecto europeo URBACT, “come Ourense”, dentro del Programa de la Unión Europea “Sostenibilidad alimentaria en comunidades urbanas” (2012-2014). Dentro de la experiencia en organización de actividades de I+D+i se pueden destacar la organización de diferentes reuniones científicas desarrolladas dentro de la Asociación de Geógrafos Españoles (en 2002, 2004, 2012 y 2018).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimiento energético 158

Agricultura 1, 2, 3, 4, 6, 9, 16, 52, 226, 276

Agua 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 35, 66, 72, 83, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 99, 100, 101, 152, 153, 154, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 175, 179, 180, 208, 209, 281, 282, 283

ANN 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 37

Arqueología 149, 151, 156, 157

Arsénico 207, 208, 209, 210, 213, 214, 215

B

Bioenergía 158, 164

Biogás 84, 158, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173

Biomasa 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 83, 84, 158, 266, 269, 271, 277, 278

C

Cauce 1, 5, 6, 7, 11, 15, 16, 17

Caudal mínimo 1, 10, 28

Cementos alternativos 174

Ciudad igualitaria 125, 126, 127, 144

Coahuila 1, 2, 3, 5, 7, 14, 18, 38

Comarca Lagunera 1, 2, 3, 4, 6, 15, 16, 17, 18

Conservación 2, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 64, 74, 75, 77, 78, 90, 91, 92, 232, 234, 235

COVID-19 86, 102, 103, 113, 114, 288, 289, 290, 291, 308, 309, 311

Cuenca 1, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 27, 154

Cultura ambiental 65, 74, 75, 78

D

Daucus carota 207, 208, 209, 213, 215

Dendroenergía 265

Densidad anhidra 279, 283, 284, 285

Densidad básica 279, 283, 284, 285

Densidad de la pared celular 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286

Derechos 1, 2, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 90, 128, 130

Desarrollo cognitivo 228, 243
Desarrollo de competencias 89, 95
Desarrollo local 80
Difusión 77, 86, 207, 209, 213, 214
DIN EN ISO 13849 245, 262
Diseño de productos 65
Diterpenoids 216, 218, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227
Durango 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 296, 311
DWSIM 288, 289, 290, 292, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310

E

Economía 4, 64, 66, 69, 73, 80, 82, 91, 151, 158, 170, 174, 176, 177, 178, 179, 181, 276
Economía circular 66, 69, 73, 158, 174, 176, 177, 178, 179, 181
Ecosistema 1, 2, 4, 9, 10, 12, 16, 80, 81
Educación 15, 18, 65, 67, 80, 83, 85, 87, 88, 90, 93, 97, 101, 102, 103, 104, 107, 108, 113, 114, 124, 125, 135, 137, 145, 289, 309, 310, 311
E-learning 102, 103, 107, 113, 114
Electrochemical etching 185, 186, 196, 197
Emprendedorismo 80, 81, 82, 83, 85, 86, 88
Endophytic bacteria 39
Energía 21, 72, 80, 81, 84, 85, 88, 158, 159, 160, 162, 165, 166, 168, 169, 172, 173, 174, 175, 179, 180, 228, 232, 233, 234, 235, 238, 240, 266, 278
Energías renovables 67, 80, 81, 83, 85, 88, 159, 160
Espacio 50, 53, 86, 103, 104, 108, 137, 140, 141, 142, 143, 147, 149, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 237
España 18, 87, 88, 112, 125, 127, 128, 131, 135, 136, 139, 140, 144, 146, 147, 156, 164, 173, 243, 279

F

Failure Mode and Effects Analysis 245, 262
Feminismo en la ciudad 125
FMEA 245, 246, 249, 250, 253, 254, 255, 257, 259, 260, 261, 262, 263
Fuerza de trabajo 115, 120
Functional foods 199

G

Gas sensors 185, 186, 189

Geopolímeros 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Gestión 1, 2, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 66, 74, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 99, 100, 101, 108, 114, 125, 136, 145, 159, 178, 311

Gestión educativa 89

Grado de terneza 207, 209, 211, 212

H

Híbrido 19, 21, 26, 30, 33, 34, 264, 267, 270, 271, 278

Historia 18, 125, 126, 147, 149, 151, 155, 156, 157

Hydrocarbons 39, 43, 45, 48

I

Instrucción 228, 229, 230, 231, 233, 237, 243

L

Laguna 1, 3, 4, 7, 18, 48, 73

Lepidoptera 216, 217, 225, 226, 227

Lethal and sublethal effects 216, 225, 227

Líneas de producción 115, 118, 121, 122, 123

M

Macroporous silicon 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 196, 197

Materiales inteligentes 174, 181

Mathematical modeling 199, 201, 202

Medio ambiente 1, 2, 4, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 64, 73, 78, 79, 81, 85, 88, 90, 132, 133, 134, 159, 163, 174, 181

Métodos de trabajo 115, 118, 121, 122, 123

Mezquite 65, 66, 67, 68, 69, 73

Mid Infrared 185, 190, 197

Mineralization 39, 40, 43, 47, 208

Modelo matemático 22, 228, 231, 233, 234, 236, 237, 238, 239, 240, 241

Modelos de simulación 115, 116, 124

Municipio 4, 6, 66, 74, 75, 76, 77, 135, 138, 158, 160, 161

O

Olives 198, 199, 200, 201, 202, 203, 205, 206

P

Perspectiva de género 125, 126, 127, 130, 131, 132, 134, 136, 138, 143, 144, 145, 146, 147

Plants 38, 39, 41, 47, 216, 217, 227, 265, 277, 292, 300

Poda 65, 66, 67, 68, 264, 265, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275

Porosidad 180, 279, 281, 283, 284, 285, 286

Potassium chloride 199, 200, 201, 205

Presa 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 18

Process simulation 288, 290, 291, 292, 293, 299, 300, 301, 302, 306, 308

Profesionalización en el sector hídrico 89

Programa 10, 19, 54, 63, 66, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 89, 91, 92, 95, 97, 98, 99, 103, 116, 137, 140, 161, 268, 276, 283

Pronóstico a corto plazo 19

Propiedad física 279

Purificación 164, 169

R

Recepa 264, 265, 269, 275

Remediación ambiental 174

Remote emergency teaching 288

Rendimiento escolar 102, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114

Residuos sólidos 65, 158, 159, 160, 163

Residuos sólidos urbanos 158, 159, 160, 163

Riego 1, 3, 4, 5, 7, 13

Río 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 27, 28, 30, 34, 150, 152, 218, 226

Río Amazonas 19, 21, 27, 28, 30, 34

S

Safety Function-FMEA 245

Secuestro de carbono 51, 52, 59

Sendero 149, 150, 151, 153, 154, 155

Servicio ambiental 51, 52, 60, 61

Siloxanos 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173

Silvicultura 265
Sistema agroforestal 51, 61, 62, 64
Soil 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 51
Sticherus quadripartitus 216, 217, 218

T

Tecnologías 4, 82, 107, 140, 158, 159, 164, 166, 167, 173, 180, 312
Teorías prescriptivas 228
Tiempo de cocción 207, 209, 211, 212, 214
Tierra 1, 51, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 66, 154, 156
Transformación 65, 137, 138, 149, 152, 158, 281, 309
Transformada wavelet 19, 21, 24, 30

U

Urbanismo no sexista 125

V

Vertederos 158, 160, 164, 165, 167, 171, 173

Y

YouTube channel 288, 290, 299, 300, 302, 304, 306, 310