

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 bilingue

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 4

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

Data de aceite: 27/02/2023

R. A. Ramos Veintimilla¹

Escuela de Ingeniería Forestal
Facultad de Recursos Naturales
Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo. Panamericana Sur km 1½
Riobamba, Ecuador. EC060155

C. M. Nieto Cabrera

Profesor Agroecología
Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad Central del Ecuador

J. R. Limongi Andrade

Investigador privado

F. M. Romero Mancero

Agencia Ecuatoriana de
Aseguramiento de la Calidad del Agro
Distrito 3 Riobamba

RESUMEN: Este trabajo se ejecutó en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP-Ecuador, ubicada a 3050 m de altitud, 12 °C de temperatura promedio y 1 200 mm de precipitación anual. Los suelos corresponden al orden Andisoles. El propósito fue determinar

el potencial de fijación y almacenamiento de carbono en dos sistemas agroforestales aptos para la sierra ecuatoriana, plantados en 1995, en comparación con un sistema a campo abierto, para generar referencias útiles para el cambio de uso del suelo de sistemas convencionales a sistemas sostenibles y amigables con el ambiente. Los SAF estudiados fueron: 1) *Acacia melanoxylum* L. y *Buddleja incana* Ruiz y Pavón; y 2) *Alnus acuminata* O. Ktze y *Sparteum junceum* L. Cada Sistema, estuvo formado de dos hileras de árboles de 30 m de largo, con 30 árboles y 30 arbustos, separados en forma alternada a 1 m dentro de hileras y a 2 m entre hileras, en el espacio entre las hileras de árboles y arbustos se evaluaron tres opciones de pastos. Del mismo modo, a un metro de la línea de árboles, a los dos costados externos de las barreras se sembraron parcelas con cultivos andinos. Las variables evaluadas fueron: densidad aparente de suelo, Carbono Orgánico total en el suelo, carbono en el mantillo debajo del sistema y en la biomasa aérea de las especies arbóreas y arbustivas. Para estimar la biomasa aérea de las especies arbóreas se utilizaron dos modelos alométricos. El carbono almacenado, en los primeros 12 años, en el Sistema A. *melanoxylum* y *B. incana* fue 13 % superior (168,49 t ha⁻¹) al almacenado en el Sistema con *A. acuminata* y *S. junceum* (148,93 t ha⁻¹) y 38 % más que el sistema agrícola a campo abierto (122,22 t ha⁻¹). Alrededor del 75 % del carbono almacenado en los SAF evaluados se

¹ Correspondencia, móvil 0999110240, raul.ramos@esPOCH.edu.ec (R. A. Ramos Veintimilla)

encuentra en la capa superficial del suelo (0,2 m), ésta característica indica la importancia del cuidado que se debe tener con el recurso suelo para evitar la erosión y la oxidación del carbono almacenado.

PALABRAS CLAVES: Secuestro de carbono. Servicio ambiental. Sistema agroforestal.

ORGANIC CARBON SEQUESTRATION IN AGROFORESTRY SYSTEMS EVALUATED IN MEJÍA CANTON, PICHINCHA, ECUADOR

ABSTRACT: This work was carried out in the Santa Catalina Experimental Station of the INIAP-Ecuador, located at an altitude of 3 050 meters, with an average temperature of 12°C and 1 200 mm of annual precipitation. The soils belong to the Andisols order. The purpose of this work was to determine the potential of carbon placement and storage in two agroforestry systems of the Ecuadorian highlands, planted in 1995, in comparison with an open field system, in order to generate useful references for the change of land use from conventional systems to sustainable systems and friendly with the environment. The AFS studied were: 1) *Acacia melanoxylum* L. and *Buddleja incana* Ruiz y Pavón; and 2) *Alnus acuminata* O. Ktze and *Spartium junceum* L. Each System was composed of two rows of trees 30 m long, with 30 trees and 30 shrubs, separated in alternating spacings of 1m and 2m between rows, in the space between the rows of trees and shrubs three pasture options were evaluated. In the same manner, plots of Andean crops were planted one meter from the tree line on both external sides of the barriers. The variables evaluated were: apparent density of soil, total Organic Carbon, biomass of tree and shrub species. To estimate the aerial biomass of tree species, two allometric models were used. Carbon stored, in the first 12 years, in System *A. melanoxylum* and *B. incana* was 13% more carbon (168.49 t ha⁻¹) than an System with *A. acuminata* and *S. junceum* (148.93 t ha⁻¹) and 38% more carbon than an open air agricultural field system (122.22 t ha⁻¹), at twelve years. About 75% of the carbon stored in an agroforestry system is found in the surface layer of the soil (0,2 m), this characteristic reveals the importance and care that must be given to this resource when deciding on the type of management.

KEYWORDS: Carbon sequestration. Environmental service. Agroforestry system.

1 INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, con el desarrollo desmesurado de algunas economías la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera ha aumentado considerablemente, esto tiene como consecuencia un incremento en la temperatura ambiental de la tierra, que podría generar un cambio climático con alteraciones en los ciclos hídricos, sequías, inundaciones y más desastres naturales que comprometerían la existencia de vida en el planeta (1, 2, 3, 4).

El uso de combustibles fósiles y el cambio en el uso del suelo son considerados a nivel mundial como las dos principales fuentes netas de CO₂ a la atmósfera, relacionadas con el cambio climático global (5, 2). Entre 1989 y 1990 las emisiones de CO₂ provenientes

del uso de combustibles fósiles se estimó en $6,0 \pm 0,5 \text{ Gt}^2 \text{ C}$, comparada con $5,7 \pm 0,5 \text{ Gt C}$ emitidas en 1987 (6). Por otro lado, el flujo neto de CO_2 emitido por cambio en el uso del suelo (principalmente por deforestación), se ha estimado en $1,6 \pm 1 \text{ Gt C}$ para la década de los 1980 (7, 8, 9, 10).

El Protocolo de Kyoto y las subsecuentes Conferencias de las Partes (COP) de la Convención de Cambio Climático han despertado interés sobre el potencial de los ecosistemas Forestales y Agroforestales para fijar carbono, ya que la única forma de limpiar el CO_2 de la atmósfera es a través de la fotosíntesis. Considerar este servicio ambiental y evaluarlo en términos ecológicos puede estimular proyectos forestales dentro del marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio o para iniciativas de mercados paralelos de biocarbono (11, 12, 13, 14).

Los sistemas agroforestales son, no sólo una alternativa de producción sostenible, sino un modelo de agricultura climáticamente inteligente ya que permite diversificar las fincas e incrementar las fuentes de ingresos con la venta de servicios ambientales por reducción del CO_2 atmosférico (15, 16, 17, 18, 19). El establecimiento de mercados de servicios ambientales puede contribuir de distintas maneras al desarrollo sostenible en el medio rural y en algunos casos sus beneficios trascienden el nivel local y adquiere una dimensión regional y hasta global (20, 21). El desarrollo de estos mercados puede conducir: al surgimiento de nuevas actividades económicas, generación de empleo y de ingresos a generadores de servicios ambientales. También, permite la transferencia de conocimientos y de recursos de otros sectores nacionales e internacionales al medio rural (22).

En un experimento realizado por (23) en el corregimiento de Santa Elena, Medellín-Colombia, encontró que un sistema silvopastoril de *Acacia decurrens* con *Pennisetum clandestinum* almacenó $403,33 \text{ t ha}^{-1}$ de carbono orgánico total (sobre y bajo el suelo), mientras que en potreros sin árboles encontró $272,03 \text{ t C ha}^{-1}$. Esta es una muestra de interés por conocer el potencial de almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales, ya que estos pueden ser reconocidos en sistemas de compensación o pago por servicios ambientales (PSA); por ejemplo, en Costa Rica, los Sistemas Agroforestales ya son reconocidos en programas de PSA a través del decreto No. 30962, en virtud de los servicios ambientales que brindan a la sociedad, entre los cuales se encuentran el secuestro de carbono.

Con base en la situación actual, la agroforestería puede considerarse como una estrategia REDD+, ya que puede contribuir a conservar y recuperar reservas de carbono, por lo menos mitigando la presión por deforestación de nuevas áreas para fines

² $\text{Gt} = 10^9 \text{ t} = \text{gigatón} = \text{mil millones de toneladas}$.

agrícolas, a través de la implementación de métodos comprobados de rehabilitación de áreas forestales degradadas en relación a los gradientes climáticos y potencialidades ecológicas de las especies (24).

La investigación se realizó en un experimento de dos sistemas agroforestales que se ha venido investigando durante doce años consecutivos en la Estación Experimental Santa Catalina, EESC, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, cuyo objetivo fue probar los sistemas agroforestales para optimizar el uso del suelo y generar referencias útiles para el cambio de uso de sistemas convencionales a sistemas sostenibles y amigables con el ambiente, como alternativa de manejo sostenible de pequeñas parcelas que representan el minifundio de la sierra ecuatoriana. En este estudio se cuantificó la biomasa y carbono almacenado en la fito-masa aérea (biomasa y mantillo) y el suelo a 0,20 m de profundidad.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO

La evaluación de la biomasa y carbono se realizó en un experimento agroforestal de doce años de edad, ubicado en la EESC del INIAP, a 3 050 m de altitud, 0° 22' Latitud Sur y 78° 23' de Longitud Oeste, 12° C de temperatura promedio y 1 200 mm de precipitación anual. Los suelos corresponden al orden Andisoles, de textura franca y de topografía relativamente plana.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

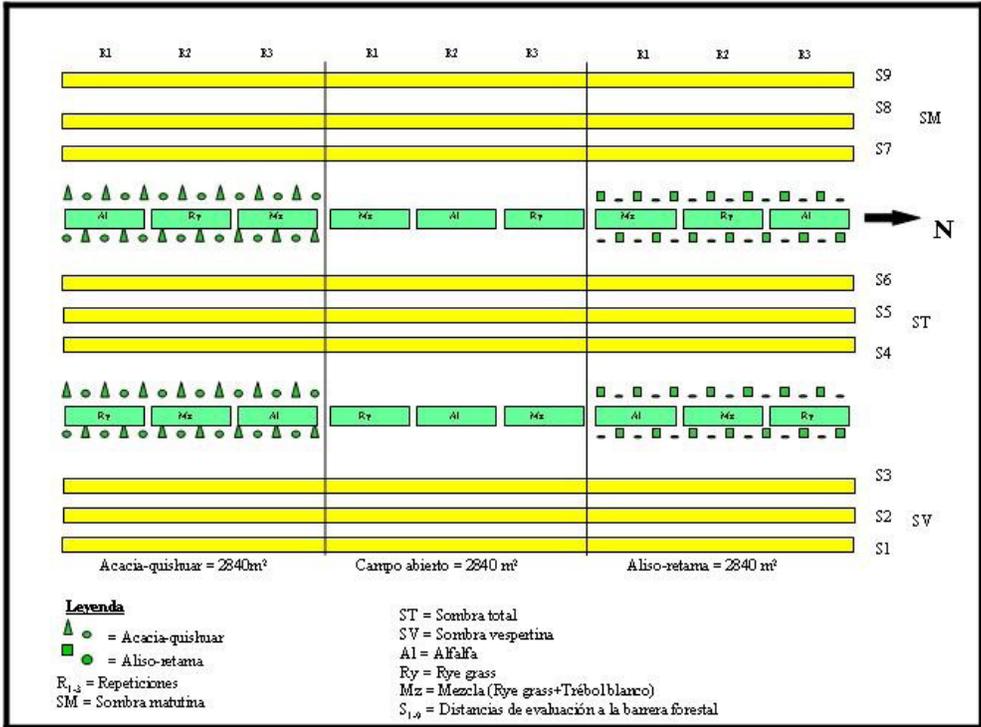
Los sistemas agroforestales (SAF) estudiados fueron: 1) La combinación Acacia-Quishuar, *Acacia melanoxylum* L. y *Buddleja incana* Ruiz y Pavón; y 2) La combinación Aliso-Retama, *Alnus acuminata* O. Ktze y *Sparteum junceum* L.; donde Acacia y Aliso, entraron como componentes arbóreos, mientras que Quishuar y Retama, como componentes arbustivos. Se utilizó una parcela control, a campo abierto, de las mismas dimensiones y con el mismo manejo de cultivos (durante el periodo de investigación) que en las parcelas agroforestales.

Cada SAF, estaba formado por dos hileras de árboles de 30 m de largo, con 30 árboles y 30 arbustos, separados en forma alternada a 1 m dentro de hileras y a 2 m entre hileras. Las barreras están orientadas de Norte a Sur, el área ocupada por cada sistema es de 2 840 m², incluidos caminos.

En el espacio entre las hileras de árboles y arbustos se sembraron tres opciones de pastos: alfalfa (*Medicago sativa* L.); Rye Grass (*Lolium perenne* L.) y una mezcla de Rye

Grass con trébol blanco (*Trifolium repens* L.), en parcelas de 20 m² cada uno. Del mismo modo, a un metro de la línea de árboles, a los dos costados externos de las barreras se sembraron parcelas con cultivos propios de la zona (Figura 1).

Figura 1. Disposición de los componentes de los Sistemas agroforestales evaluados.



El manejo agronómico de los sistemas agroforestales evaluados y la tecnología aplicada fue similar al manejo de los agroecosistemas típicos de subsistencia de la sierra ecuatoriana, es decir, sin la aplicación reiterada de pesticidas, en cada ciclo de cultivo; de igual forma, las especies arbóreas y arbustivas se manejaron con podas anuales, para conseguir la formación de fuste comercial de los árboles, y para obtener leña de árboles y arbustos y biomasa fresca (forraje) de los arbustos.

Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis Systems para Windows V8 (SAS V8) y se aplicaron diferentes metodologías, así: medidas de tendencia central y de dispersión, análisis de varianza. El nivel de significancia utilizado en las pruebas estadísticas realizadas fue del 95%. Para comparar las medias de las variables se realizaron pruebas de rangos múltiples de Duncan.

2.3 METODOLOGÍA DE TOMA DE DATOS

- **Inventario de árboles y arbustos**

En todos los árboles presentes en cada SAF en estudio se registraron las siguientes variables: Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) a 1,3 m del suelo, en cm, altura del fuste (m) y altura total (m). En arbustos se cuantificó la biomasa total en forma destructiva (n=9).

- **Estimación de biomasa aérea y carbono en el componente leñoso**

Para estimar la biomasa aérea de las especies arbóreas se utilizó el modelo alométrico elaborado por Riofrío (25) para *A. melanoxyllum* y Muñoz (26) para *A. acuminata*. Se prefirió utilizar estos modelos alométricos ya que fueron generados en las mismas condiciones climatológicas y de ubicación que los sistemas agroforestales estudiados.

Modelo alométrico para *A. melanoxyllum*, (25):

$$Y = - 68,762 + 0,468DAP + 0,663DAP^2$$

Dónde: Y = Biomasa aérea total (kg/árbol), DAP= Diámetro a la altura del pecho (cm), elevado al cuadrado.

Modelo alométrico para *A. acuminata*, (26):

$$Y = - 92,92 + 11,79DAP - 0,049Ht^2$$

Dónde: Y = Biomasa aérea total (kg/árbol), DAP= Diámetro a la altura del pecho (cm), Ht= Altura total elevado al cuadrado.

El carbono almacenado en las especies leñosas se estimó multiplicando la biomasa aérea total por el factor 0,5 recomendado por el IPCC.

- **Carbono orgánico en el suelo (CO)**

En nueve puntos de muestreo ubicados en un transecto Este-Oeste, se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0 a 0,2 m y se envió al Laboratorio de Suelos de la EESC del INIAP, para determinar el porcentaje de carbono orgánico, con estos resultados se estimó la cantidad de carbono presente en el suelo. Para tal efecto se utilizó la siguiente fórmula.

$$CS = CC * Da * P * 100$$

Dónde: CS = Carbono en el suelo (t C ha⁻¹)

P = Profundidad de muestreo en (m), CC = Contenido de Carbono (%), Da = Densidad aparente en (t m⁻³), Se multiplica por 100 para convertir a toneladas ha⁻¹.

- **Densidad aparente (Da)**

Para esta variable se utilizó el método del “cilindro de volumen conocido” (27), donde se tomaron muestras de 0-0,2 m de profundidad, ubicando el cilindro muestreador en el tercio medio de la profundidad en estudio, las muestras se analizaron en el laboratorio de Suelos de la EESC del INIAP.

- **Carbono almacenado en el mantillo/hojarasca**

La hojarasca se cuantificó con la ayuda de un cuadrante de 0,25 x 0,25 m, realizando seis evaluaciones por SAF. Los contenidos de hojarasca de cada muestra fueron pesados en el campo y se enviaron al laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para obtener la biomasa del material. El contenido de carbono de la hojarasca se calculó con base en biomasa total y el factor de conversión (0,5) recomendado por el IPCC.

- **Carbono almacenado en los sistemas de uso de la tierra en estudio**

La cantidad de carbono almacenado por los sistemas de uso de la tierra evaluados fue la sumatoria del carbono de: la biomasa aérea, la hojarasca o mantillo y la capa arable del suelo y se expresó en t ha⁻¹.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 INVENTARIO DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS

En el componente leñoso de cada SAF evaluado se registraron las siguientes variables de crecimiento: DAP a 1,3 m del suelo, en árboles, diámetro del fuste a 0,1 m del suelo, en arbustos y altura total tanto en árboles como en arbustos. En la Tabla 1 se presentan los datos promedios de estas variables, evaluadas al décimo segundo año de la plantación, donde se observa un comportamiento diferenciado de las especies evaluadas por estas variables. En el caso de *A. melanoxyllum* presentó un DAP de $22,22 \pm 3,96$ cm y una altura total de $15,51 \pm 1,57$ m en comparación a *A. acuminata* que presentó un DAP de $13,97 \pm 3,19$ cm y una altura total de $9,25 \pm 1,25$ m. En el caso del componente arbustivo, la retama (*S. junseum*) presentó un diámetro del fuste a 0,1 m del suelo de $16,91 \pm 3,19$ cm, frente a $12,04 \pm 1,97$ cm de quishuar (*B. incana*); las dos especies arbustivas presentaron una altura total de alrededor de 4 m. La variabilidad encontrada en las especies estudiadas por medio de las variables de crecimiento del componente leñoso de los SAF, se debe posiblemente al comportamiento característico de cada una de las especies, más no al efecto de la asociación en cada uno de los SAF.

Tabla 1. Resultados de la evaluación del crecimiento del componente leñoso (árboles y arbustos) de los Sistemas Agroforestales en la EESC.

Especie	Promedio	
	Diámetro (cm)	Altura total (m)
<i>A. melanoxylum</i>	22,22 ± 3,96 *	15,51 ± 1,57
<i>A. acuminata</i>	13,97 ± 3,19 *	9,25 ± 1,25
<i>B. incana</i>	12,04 ± 1,97 **	4,05 ± 0,62
<i>S. junseum</i>	16,91 ± 3,19 **	4,88 ± 1,25

* = Diámetro del fuste a 1,3 m del suelo

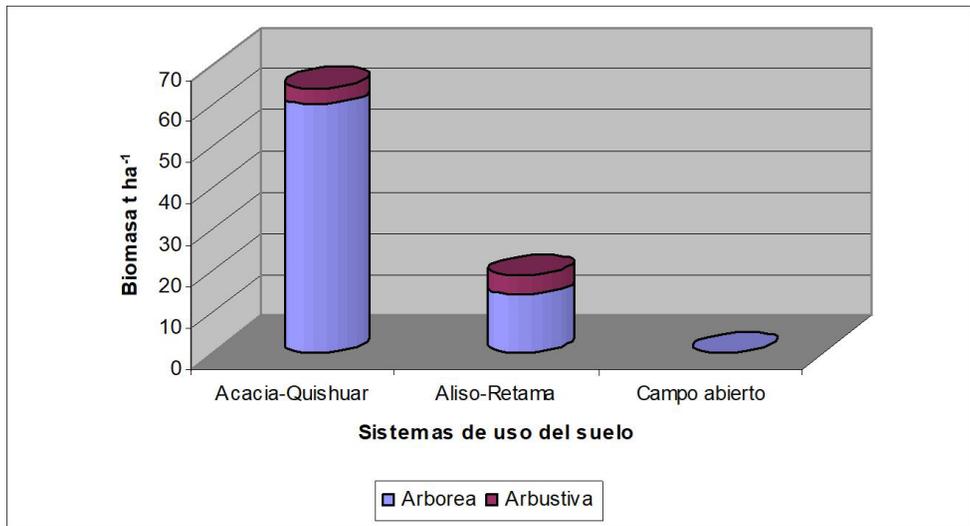
** = Diámetro del fuste a 0,1 m del suelo

3.2 BIOMASA SECA AÉREA EL COMPONENTE LEÑOSO

Para evaluar esta variable se sumó la biomasa presente tanto en árboles como en arbustos de cada SAF. Los promedios de biomasa aérea de los sistemas de uso del suelo evaluados fueron diferentes entre ellos. El mayor rendimiento promedio de biomasa aérea, se registró en el sistema Acacia-Quishuar con $63,00 \pm 7,40 \text{ t ha}^{-1}$, seguido por el sistema Aliso-Retama con apenas $18,75 \pm 1,79 \text{ t ha}^{-1}$ y finalmente, para el sistema control (campo abierto), por obvias razones no se registró biomasa leñosa (Figura 2). En esta gráfica se puede observar también que del total de biomasa leñosa presente en SAF Acacia-Quishuar, el 93,67 % corresponde al componente arbóreo y únicamente un 6,33 % al componente arbustivo; mientras que en el SAF Aliso-Retama el componente arbóreo aportó con el 74,75 % y el componente arbustivo con el 25,25 %. La gran diferencia en el aporte de biomasa entre las especies del componente leñoso de los SAF evaluados depende principalmente al hábito de crecimiento de las especies evaluadas, ya que *A. melanoxylum* presentó un IMA³ para DAP y altura Total del 48 % superior a *A. acuminata*, en las condiciones medioambientales de EESC. Según Nair PKR (28), es de esperar estos comportamientos de las especies arbóreas en áreas intervenidas y degradadas, lo que podría ser relativamente eficiente comparada con otras estrategias de uso de la tierra, debido a que los SAF producen aportes significativos de hojarasca que mejoran paulatinamente la fertilidad de los suelos y favorecen la acumulación de carbono a corto plazo.

³ IMA= Incremento Medio Anual.

Figura 2. Biomasa seca aérea total de árboles y arbustos de los Sistemas Agroforestales en la EESC.



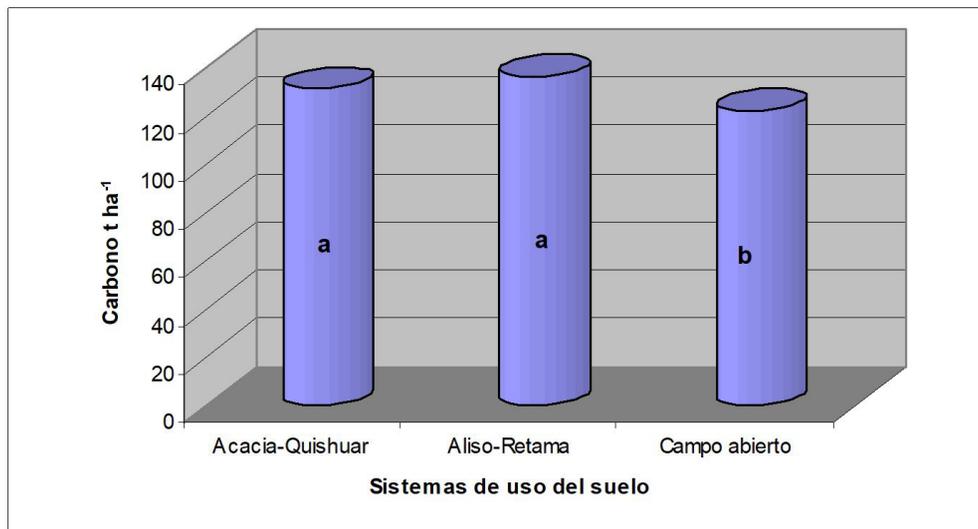
3.3 DENSIDAD APARENTE (DA) Y CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO (CO)

En estudios de contenidos de carbono en suelo es muy importante conocer la densidad aparente de éste ya que una de las formas de reportar el contenido de CO es por unidad de volumen. En el análisis de varianza realizado para el contenido de carbono en el suelo, no se encontró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los sistemas de uso de la tierra en estudio, encontrándose un promedio de $0,99 \text{ g/cm}^3$, en los primeros $0,2 \text{ m}$ de profundidad. Un alto contenido de materia orgánica en el suelo tiende a disminuir su densidad aparente, debido a que sus componentes son menos densos que los componentes minerales (29).

Varios investigadores (30, 31) indican que la dinámica del carbono en el suelo puede dividirse en tres fracciones: la fracción activa o carbono microbiano el cual representa entre 1 y 2% del carbono orgánico total (CO total), la fracción de carbono orgánico lento (CO lento) y el carbono orgánico pasivo (CO pasivo). En esta investigación se analizó únicamente el CO total en la capa superficial (0 a $0,2 \text{ m}$). La evaluación del efecto de los SAF en estudio sobre el CO total se realizó a través de un análisis de varianza para un diseño irrestricto al azar (DIA) con tres observaciones. De los resultados de este análisis se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,0001$) para SAF. La comparación múltiple de Duncan con un α del 5% para SAF en la variable contenido de CO total, determinó que los SAF Aliso-Retama con $136,52 \text{ t ha}^{-1}$ y Acacia-Quishuar con $131,48 \text{ t ha}^{-1}$ de CO, respectivamente, fueron significativamente mayores que el sistema Campo Abierto que presentó $122,22 \text{ t ha}^{-1}$ de CO total (Figura 3).

Estos contenidos de carbono en suelo, a 0,2 m de profundidad, son el doble de los promedios reportados por otros investigadores (32, 22, 30) en estudios de suelo bajo diferentes sistemas de uso de la tierra en Centro América. El contenido del CO total en el suelo se relaciona con la biomasa de raíces finas (30). Es decir, tiene una tendencia a disminuir con el incremento en profundidad ya que una de las principales entradas de carbono al suelo está dado por la muerte constante de raíces finas (27, 28, 20).

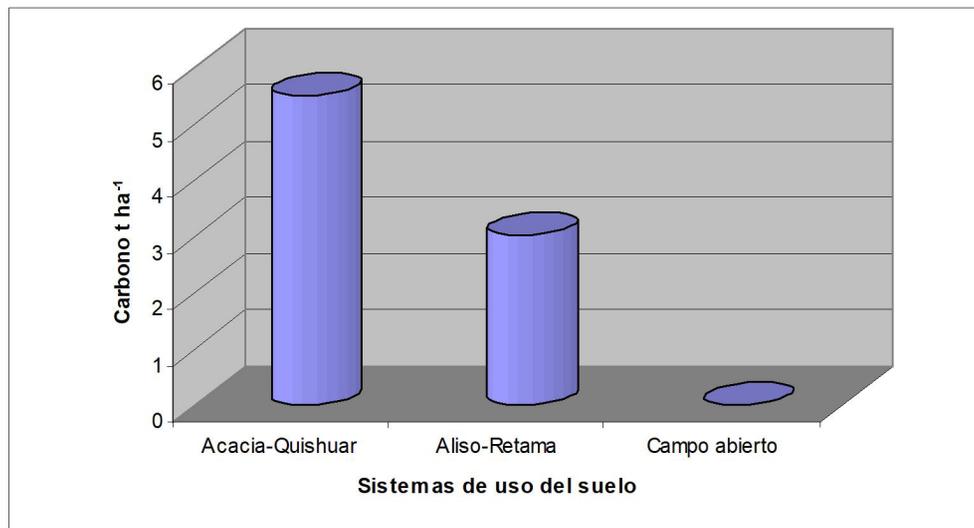
Figura 3. Promedios de Carbono total en suelo, a 0,2 m de profundidad, de Sistemas Agroforestales y Campo Abierto, evaluados en la EESC. (Letras iguales no difieren significativamente Duncan $p < 0,05$).



3.4 CANTIDAD DE CARBONO EN EL MANTILLO/HOJARASCA

La presencia del componente leñoso en los sistemas agroforestales estudiados influyó considerablemente primero en el volumen de mantillo acumulado en la superficie del suelo y luego, en el de secuestro de carbono en el mantillo (hojarasca). El aporte de carbono en el mantillo u hojarasca (Figura 4) fue de 5,52 t ha⁻¹ para Acacia-Quishuar y de 3,03 t ha⁻¹ para Aliso-Retama, correspondiendo al 3,26 % y 2,03 % del carbono total de los SAF antes indicados, respectivamente. Datos parecidos reportan varios autores entre ellos, (8, 20) en SAF en ecozonas húmedas y sub-húmedas.

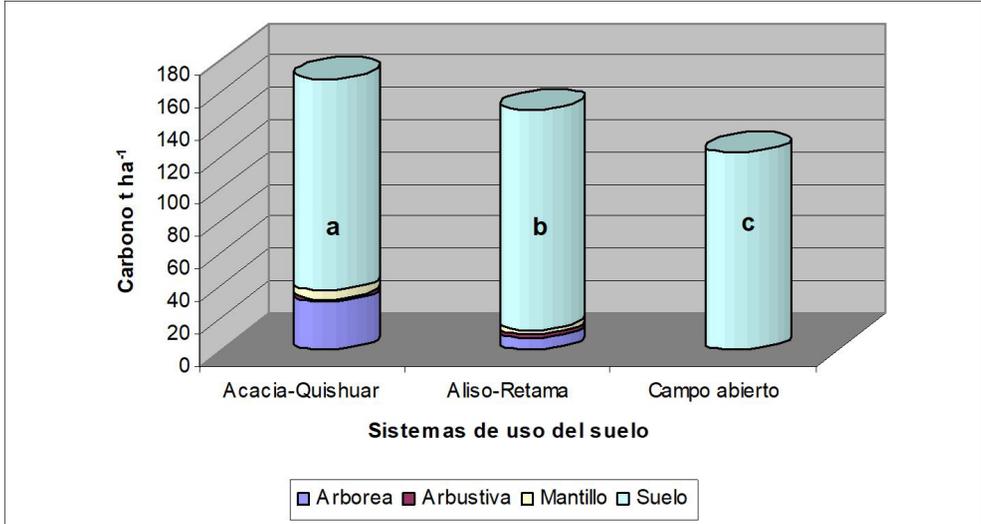
Figura 4. Carbono almacenado en mantillo/hojarasca de Sistemas de uso del suelo (Acacia-Quishuar, Aliso-Retama y Campo Abierto) evaluados en la EESC.



3.5 CARBONO ALMACENADO EN LOS SISTEMAS DE USO DEL SUELO EN ESTUDIO

Para evaluar esta variable se sumó el CO total almacenado en los componentes evaluados (en la parte aérea y bajo el suelo hasta 0,2 m de profundidad), en cada uno de los sistemas de uso del suelo. Con estos datos, se realizó un análisis de varianza para un Diseño Irrestricto al Azar (DIA). Este análisis detectó que los Sistemas de uso de la tierra Acacia-Quishuar (168,49 t ha⁻¹), Aliso-Retama (148,93 t ha⁻¹) y Campo Abierto (122,22 t ha⁻¹) de CO, fueron estadísticamente diferentes entre ellos ($p < 0,05$), (Figura 5) y al realizar la prueba de significación Duncan al 5%, esta encontró que los sistemas agroforestales Acacia-Quishuar y Aliso-Retama almacenan mayor cantidad de carbono que un sistema agrícola a campo abierto, por lo cual proporcionan un servicio ambiental. En ese sentido, (33) corroboran lo encontrado en la investigación y manifiestan que se estima que el establecimiento de sistemas agroforestales a escala global puede capturar cerca de 38 billones de megagramos de carbono, con una capacidad de almacenamiento de carbono que oscila entre 12 y 200 Mg ha⁻¹, y aproximadamente 95 Mg ha⁻¹ en zonas tropicales.

Figura 5. Carbono almacenado en Sistemas de uso de la tierra (Acacia-Quishuar, Aliso-Retama y Campo Abierto), evaluados en la EESC (Letras iguales no difieren significativamente Duncan $p < 0,05$).



En la Figura 5, se puede observar también que los SAF se presentan como sumideros eficaces de carbono (38 % en el caso de Acacia-Quishuar y 22 % en Aliso-Retama), superiores, en comparación al sistema Campo Abierto; de los cuales, el 22,26 % y 8,37 % son incrementos de carbono en los SAF Acacia-Quishuar y Aliso-Retama por efecto de las especies leñosas. Por otra parte, se puede observar que el suelo es un componente muy importante para almacena el carbono, debido a que sobre el 75 % del CO total de los SAF se encuentra en éste, lo cual indica la importancia que hay que darle a este recurso en cuanto a su manejo, ya que si no se utiliza tecnología adecuada éste se puede perder por erosión, situación observable en más del 80 % de los suelos de la Sierra ecuatoriana. Estos datos corroboran a lo reportado por varios autores entre ellos (32, 28, 22, 30), donde manifiestan haber encontrado en estudios bajo Sistemas Silvopastoriles sobre el 80% del CO total en el suelo y el 20% en componentes sobre el suelo.

4 CONCLUSIONES

Los Sistemas Agroforestales probados en la EESC (Acacia-Quishuar y Aliso-Retama), en comparación con el sistema agrícola a Campo abierto, proporcionan un servicio ambiental de almacenamiento de carbono que es significativo, aunque variable dependiendo de las especies leñosas que conforman los sistemas.

Un Sistema Agroforestal con *Acacia melanoxylum* y *Budlejja incana* almacena 13 % más carbono que un Sistema Agroforestal con *Alnus acuminata* y *Spartium junceum*

y 38 % más que un sistema agrícola a campo abierto, evaluados a los doce años desde su plantación.

Alrededor del 75 % del carbono almacenado en un Sistema Agroforestal se encuentra en la capa superficial del suelo (0 a 0,2 m), ésta característica indica la importancia del cuidado que se debe tener con el recurso suelo agrícola, especialmente al momento de decidir en el tipo de uso y labranza, para evitar no solamente la erosión del mismo sino la oxidación de la materia orgánica contenida y con ello la pérdida de CO.

5 AGRADECIMIENTOS

Dejamos nuestro sincero agradecimiento al equipo técnico del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de INIAP Santa Catalina por su apoyo brindado en la ejecución del proyecto de investigación en Agroforestería, y a la SENESCYT (FUNDACYT) quienes aportaron económicamente en el desarrollo de la iniciativa.

6 CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto en razón de que la información generada en la investigación es para apoyo de quienes puedan necesitar en beneficio técnico científico.

REFERENCIAS

1. Wigley, T. M. L., 1999. The science of climate change: global and US perspectives. Washington, Pew Center on Global Climate Change. 48 p.
2. Thompson ID, J Ferreira, T Gardner, M Guariguata, LP Koh, K Okabe, Y Pan, CB Schmitt, J Tylanakis. 2012. Forest biodiversity, carbon and other ecosystem services: relationships and impacts of deforestation and forest degradation. In Parrota J, C Wildburger, S Mansourian eds. Understanding Relationships between Biodiversity, Carbon, Forests and People: The Key to Achieving REDD+ Objectives. Viena, Austria. A global assessment report IUFRO. p. 21-52.
3. Thompson ID, M Guariguata, V Kapos, K Okabe, C Bahamondez, V Heymell, R Nasi, C Sabogal. 2013. An operational framework for defining and monitoring forest degradation. *Ecology and Society* 18(2): 20. <<http://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss2/art20>>.
4. Ciais, P.; C Sabine, G Bala, L Bopp, V Brovkin, J Canadell, A Chhabra, R DeFries, J Galloway, M Heimann, C Jones, C Le Quéré, RB Myneni, S Piao, P Thornton. 2013. Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In Stocker, TF, D Qin, GK Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex, PM Midgley eds. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York. Cambridge University Press. p. 465-570
5. Mintzer, I. 1992. Confronting Climate Change. Risk Implications and Responses. Cambridge, University Press, Cambridge.

6. IIPCC, 1990. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
7. IPCC, 1992. Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
8. Pan Y, RA Birdsey, J Fang, R Houghton, P Kauppi, WA Kurz, OL Phillips, A Shvidenko, SL Lewis, JG Canadell, P Ciais, RB Jackson, SW Pacala, AD McGuire, S Piao. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333: 988-993. DOI: 10.1126/science.1201609.
9. Porro R, RP Miller, MR Tito, JA Donovan, JL Vivan, R Trancoso, RF Van Kanten, JE Grijalva, BL Ramirez, AL Gonçalves 2012. Agroforestry in the Amazon Region: A Pathway for Balancing Conservation and Development. In Nair PKR, D Garrity eds. Agroforestry: The Future of Global Land Use. *Advances in Agroforestry* 9. p. 391-428. DOI 10.1007/978- 94-007-4676-3_20.
10. Boucher, D.; S. Roquemore, E. Fitzhughl. 2013. Brazil's Success in Reducing Deforestation. *Tropical Conservation Science* 6 (3): 426-445.
11. Benítez, P.; De Koning, F.; López, M.; Paredes H. 2002. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente del Ecuador. Informe TWF-31s. Del Programa de Apoyo Ecológico (TÓB) de la Cooperación Técnica Alemana GTZ. Eschborn – Alemania. 2 p.
12. Laurance WF, MA Cochrane, S Bergen, PM Fearnside, P Delamonica, C Barber, S D'Angelo, T Fernandes. 2001. The future of the Brazilian Amazon. *Science* 291: 438-439.
13. Laurance WF, AKM Albernaz, FM Fearnside, HL Vasconcelos, LV Ferreira. 2004. Deforestation in Amazonian. *Science* 21: 1109-1111.
14. Gatti LV, M Gloor, JB Miller, CE Dougherty, Y Malhi, LG Domingues, LS Basso, A Martinewski, CSC Correia, VF Borges, S Freitas, R Braz, LO Anderson, H Rocha, J Grace, OL Phillips, J Lloyd. 2014. Drought sensitivity of Amazonian carbon balance revealed by atmospheric measurements. *Nature* 506: 76-86. DOI: 10.1038/nature12957.
15. Soares-Filho BS, DC Nepstad, LM Curran, GC Cerqueira, RA Garcia, CA Ramos, E Voll, A McDonald, P Lefebvre, P Schlesinger. 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature* 440: 520-523. DOI: 10.1038/nature04389.
16. Nobre CA, LDS Borma. 2009 'Tipping points' for the Amazon forest. *Current Opinion Environment Sustainability* 1: 28-36. DOI: 10.1016/j.cosust.2009.07.003.
17. Nepstad DC, BS Soares-Filho, F Merry, A Lima, P Moutinho, J Carter, M Bowman, A Cattaneo, H Rodrigues, S Schwartzman, DG McGrath, C Stickler, R Lubowski, P Piris-Cabezas, S Rivero, A Alencar, O Almeida, O Stella. 2009. The end of deforestation in the Brazilian Amazon. *Science* 326: 1350-1351. DOI: 10.1126/science.1182108.
18. Soares-Filho B, P Moutinho, D Nepstad, A Anderson, H Rodrigues, R Garcia, L Dietzsch, F Merry, M Bowman, L Hissa, R Silvestrina, C Maretti. 2010. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 10821-10826. DOI: 10.1073/pnas.0913048107.
19. Aragão LEOC, B Poulter, J Barlow. 2014. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. *Biological Reviews* 89(4): 913-931. DOI: 10.1111/brv.12088.

20. Kapos V, WA Kurz, T Gardner. 2012. Impacts of forest and land management on biodiversity and carbon. In Parrota JA, C Wildburger, S Mansourian eds. *Understanding Relationships between Biodiversity, Carbon, Forests and People: The Key to Achieving REDD+ Objectives*. Viena, Austria. A global assessment report IUFRO. p 53-78.
21. Tremblay S, M Lucotte, JP Revéret, R Davidson, F Mertens, CJ Passos, CA Romaña. 2015. Agroforestry systems as a profitable alternative to slash and burn practices in smallscale agriculture. *Agroforestry Systems* 89: 193-204. DOI: 10.1007/S10457-014-9753-Y.
22. Ruiz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 106 p.
23. Giraldo L. A.; Zapata M.; Naranjo J. F.; Sneider M.; Cuartas C. A.; Botero A.; Arias L. 2003. Estimación de las existencias de carbono en el sistema silvopastoril *Acacia decurrens* con *Pennisetum clandestinum*. In *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia. Contribuciones para la mitigación del cambio climático*. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Departamento de Ciencias forestales/Centro Andino para la economía en el medio ambiente. Colombia 314 p.
24. Villa, PM.; Martins, S.; Delgado L.; Nolasco de Oliveira, Silvio, Mota N. 2015. La agroforestería como estrategia para la recuperación y conservación de reservas de carbono en bosques de la Amazonía. *Bosques* 36(3):347-356. DOI: 10.4067/S0717-92002015000300002
25. Riofrío, J.; Ramos, R. y Muñoz, J. 2006. Ajuste de modelos alométricos para biomasa de *Acacia melanoxylum* L. bajo Sistema Agroforestal en la Sierra ecuatoriana.
26. Muñoz, J.; Ramos, R.; Riofrío, J. y Nieto, C. 2007. Modelos alométricos para estimación de carbono en aliso (*Alnus acuminata* O. Ktze) bajo sistema agroforestal en la sierra ecuatoriana.
27. MacDiken, K. 1997. *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects*. Winrock International, 1611 N. Kent St., Suite 600, Arlington, VA 22209, USA. 87 p.
28. Nair PKR, VD Nair, BM Kumar, JM Showalter. 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Advances Agronomy* 108: 237-307. DOI: 10.1016/S0065-2113(10)08005-3.
29. Henríquez C.; Cabalceta G. 1999. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. Universidad de Costa Rica/ACCS. 1 ed. San José, C. R. 112 p.
30. Ramos, R. 2003. Fraccionamiento del carbono orgánico del suelo en tres tipos de uso de la tierra en fincas ganaderas de San Miguel de Barranca, Puntarenas-Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.
31. Ramos, R. Miranda, A. Crisanto, T. 2017, Romero, F. 2017. Comparativo de almacenamiento de carbono en Bosque Análogo y dos tipos de uso de la tierra, en el cantón Cumandá-Chimborazo-Ecuador. In *memorias Primer Congreso de Bosques y Agroforestería para el Siglo XXI*. ESPOCH 2017. Riobamba-Ecuador (en edición).
32. López, M.; Koning, F.; Paredes, H.; Benítez, P. 2002. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el noroccidente de Ecuador (en línea). Proyecto CO2-GTZ / University of Gottingen, Gottingen-Alemania. Consultado el 10 de oct. del 2003. Disponible en <http://www.gtz.de/toeb>
33. Albrecht A, ST Kandji. 2003. Carbon sequestration in tropical Agroforestry Systems. *Agriculture Ecosystems and Environment* 99: 15-27.

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