



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2023

Cartera de proyectos

CRÉDITOS

Compilación: Dirección de Proyectos, Vicerrectoría de Investigación y Extensión.

Edición: Oficina de Comunicación y Mercadeo.

TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Derechos reservados ©

Tabla de contenido

PROYECTO 01: Estimación del Límite Técnico permisible para la penetración de energías renovables y generación distribuida en el Sistema Eléctrico Nacional. 12

PROYECTO 02: OKSP 2.0: Determinación de los parámetros de fuente sísmica para la comprensión de la mecánica de ruptura a lo largo de segmentos de falla en Costa Rica utilizando redes neuronales 15

PROYECTO 03: Monitoreo emocional y de los niveles de autoeficacia que experimentan los candidatos durante la entrevista laboral virtual: Un estudio exploratorio. 18

PROYECTO 04: Evaluación del crecimiento, densidad y secado de la madera de balsa (Ochroma pyramidale), en plantaciones de corta rotación, bajo diferentes densidades de siembra en la zona Huetar Caribe de Costa Rica. 21

PROYECTO 05: Estudio del proceso de difusión de sales de boro en especies de reforestación de Costa Rica, para promover el uso de madera preservada en el país..... 24

PROYECTO 06: Diseño de madera contralaminada tipo CLT para uso como entre pisos y paredes en edificaciones. 27

PROYECTO 07: Desarrollo de una metodología para la generación de escenarios de Cambio Climático futuro ligados a eventos de precipitación extrema en Costa Rica. 29

PROYECTO 08: Seguimiento y monitoreo de los ODS, una contribución a la Estrategia Nacional mediante el pilotaje de la meta 12.3..... 33

Proyecto 09: Mejoramiento del modelo sustituto basado en codificación dispersa denominada SESM: Sparse-encoded surrogate model 36

Proyecto 10: Evaluación de la contaminación y el riesgo por metales pesados generados por la industria cementera en Agua Caliente de Cartago 39

PROYECTO 11: Producción y caracterización de biocarbones a partir de residuos agroindustriales en la región Atlántica, con potencial de uso para la protección ambiental..... 42

PROYECTO 12: Evaluación de contaminación orgánica e inorgánica en ambientes acuáticos y su impacto en el riesgo para producir cianotoxinas generadas por cianobacterias (ARCAL CLXXVIII). 45

PROYECTO 13: Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación por metales pesados en zonas urbanas de Cartago. 48

PROYECTO 14: Relación entre hábitos de estudio, autoeficacia y autorregulación metacognitiva y el rendimiento académico en los cursos de formación matemática matriculados por estudiantes de primer ingreso a carreras de ingeniería del ITCR. 51

PROYECTO 15: Influencia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la actitud positiva hacia al aprendizaje del Derecho en estudiantes de Ingeniería..... 53

PROYECTO 16: INNOrganic: INNovation in ORGANIC study models for preclinical testing Fase I (GI): Prueba de concepto en la modelación de un sistema digestivo invitro en un sistema organ-on-a-chip. 55*

PROYECTO 17: Caracterización molecular nivel nuclear y plastidial de especies medicinales asociadas al tratamiento de la diabetes. 57

PROYECTO 18: Determinación del potencial hipoglicémico de Kalanchoe pinnata, mediante un modelo agudo vs crónico en ratas diabéticas. 60

PROYECTO 19: Establecimiento de una estrategia de cultivo invitro de Cannabis sativa en Saccharomyces cereviceae para la producción de fibra y cannabinoides (CBD, CBG)...... 62

PROYECTO 20: Implementación de un protocolo para la identificación de Organismos Genéticamente Modificados en Piña Rosé, algodón y soya de interés comercial de Costa Rica. 64

PROYECTO 21: Aprovechamiento de residuos de cascarilla de arroz para la producción de xilitol mediante biología sintética. 67

PROYECTO 22: Producción biotecnológica de dos variedades comerciales de fresa (Fragaria × ananassa) y fortalecimiento de las capacidades para su manejo en invernadero y campo. 69

<i>PROYECTO 23: Caracterización del Fenómeno de Aprendizaje en Memorias de Largo Plazo para Arquitecturas Cognitivas de Robots Autónomos.....</i>	<i>72</i>
<i>PROYECTO 24: Desempeño de turbinas eólicas de eje horizontal con dispositivos de control de flujo en condiciones de turbulencia.....</i>	<i>75</i>
<i>PROYECTO 25: Requerimientos para lograr la factibilidad de turbinas eólicas comerciales de pequeña escala en Costa Rica</i>	<i>79</i>
<i>PROYECTO 26: Desarrollo de un sistema</i>	<i>82</i>
<i>integrado para la prueba de sistemas de</i>	<i>82</i>
<i>potencia en CubeSats.....</i>	<i>82</i>
<i>PROYECTO 27: Efectos respiratorios y alérgicos por la exposición a mezclas de plaguicidas en trabajadores agrícolas de Zarcero, Costa Rica.....</i>	<i>85</i>
<i>PROYECTO 28: Diseño y validación de métodos para apoyar la enseñanza y evaluación del pensamiento computacional (PC) con independencia del lenguaje de programación (Poliglot)..</i>	<i>87</i>

<i>PROYECTO 29: Compromiso, recursos y emprendimiento exportador y su influencia en el desempeño de las PYMES exportadoras de Costa Rica: análisis cross-cultural Costa Rica – España</i>	<i>90</i>
<i>PROYECTO 30: Caracterización de la deuda morosa en Costa Rica. Un estudio longitudinal del sector crediticio no regulado.</i>	<i>94</i>
<i>PROYECTO 31: Actividades de RSE en empresas familiares y su contribución con los ODS: valoración de los aportes a través de un modelo de gestión de indicadores</i>	<i>98</i>
<i>PROYECTO 32: Estrategias para el desarrollo socioeconómico territorial mediante el uso de monedas complementarias basadas en tecnología Blockchain</i>	<i>100</i>
<i>PROYECTO 33: Compromiso afectivo en emprendimientos universitarios: factores internos y del contexto que lo influyen</i>	<i>102</i>
<i>PROYECTO 34: Factores que influyen en la capacidad innovadora de las pequeñas y medianas empresas industriales en Costa Rica</i>	<i>105</i>

<i>PROYECTO 35: Uso de hongos micorrízicos arbusculares asociados naturalmente a tres especies forestales.....</i>	<i>107</i>
<i>PROYECTO 36: Fortalecimiento del control gubernamental sobre el trasiego ilegal de maderas mediante el uso de tecnologías de análisis de autenticación: uso del XyloTron en Costa Rica</i>	<i>110</i>
<i>PROYECTO 37: Desarrollo de marcadores genéticos de última generación como apoyo al mejoramiento genético internacional en teca (Tectona grandis L.) y melina (Gmelina arborea Roxb.)</i>	<i>113</i>
<i>PROYECTO 37: Identificación y manejo integrado de las principales plagas forestales presentes en sistemas productivos forestales de Costa Rica</i>	<i>115</i>
<i>PROYECTO 38: Restauración silvicultural de los bosques secundarios de Guanacaste - Costa Rica.....</i>	<i>118</i>
<i>PROYECTO 39: Cultivo comercial del árbol Hevea brasiliensis (Willd. ex A.Juss.) para la producción de caucho natural en zonas rurales de Costa Rica.....</i>	<i>122</i>

<i>PROYECTO 40: Desarrollo de proceso tecnológico para la carbonización superficial de la madera de tres especies forestales</i>	<i>126</i>
<i>PROYECTO 41: Manejo integrado de la marchitez de la melina (Gmelina arborea Roxb.) y de la muerte descendente de la teca (Tectona grandis L.)</i>	<i>129</i>
<i>PROYECTO 42: Reducción de las emisiones de gases contaminantes en el proceso de carbonización de madera proveniente de 5 especies de reforestación de Costa Rica ...</i>	<i>132</i>
<i>PROYECTO 43: Incremento de la competitividad de la reforestación comercial en Costa Rica.....</i>	<i>135</i>
<i>PROYECTO 44: Metodología no destructiva para evaluación de patologías asociadas al concreto, tomando como referencia el valor de BHI en estructuras de puentes.</i>	<i>138</i>
<i>PROYECTO 45: Gemelo digital como herramienta de gestión del plan de conservación programada. Caso de estudio: foyer y fumadores del Teatro Nacional de Costa Rica.</i>	<i>140</i>

<i>PROYECTO 46: Caracterización de la arquitectura vernácula en madera de la ciudad de Puntarenas a partir de una perspectiva interdisciplinar</i>	<i>144</i>
<i>PROYECTO 47: San José RISE: Reactivación Inmobiliaria del Centro Histórico de San José a partir de Plataformas de financiamiento alternativas.....</i>	<i>148</i>
<i>PROYECTO 48: Evaluación de infraestructura verde basada en la naturaleza para la adaptación al cambio climático en el trópico.....</i>	<i>151</i>
<i>PROYECTO 49: Determinación de Impactos inmediatos y a largo plazo sobre la dinámica en el hábitat acuático disponible comparando las condiciones en cola de embalse, el trayecto crítico y aguas abajo de la restitución del Proyecto Hidroeléctrico del río Pirrís.....</i>	<i>153</i>
<i>PROYECTO 50: Análisis de riesgo y vulnerabilidad de inundaciones en zonas urbanas de los ríos Purires, Taras y Reventado pertenecientes a la cuenca del río Agua Caliente ubicada en Cartago: una herramienta en la toma de decisiones para la aplicación de medidas preventivas</i>	<i>155</i>

<i>PROYECTO 51: Más Alimentos, Menos Desperdicio: Reducción de la pérdida y el desperdicio de Alimentos.....</i>	<i>157</i>
<i>PROYECTO 52: Transformando el paisaje productivo de la Península de Osa, mediante la economía regenerativa.....</i>	<i>160</i>
<i>PROYECTO 53: VIPro-TEC: Desarrollo de una Tecnología basada en Procesamiento de Video e Imágenes Orientada Para Vehículos Autónomos Bajo Condiciones de Visión No Ideales</i>	<i>163</i>
<i>PROYECTO 54: Atta-Bots: Adaptaciones, comportamientos y funcionalidades en el marco de los proyectos PROE.....</i>	<i>167</i>
<i>PROYECTO 55: Regional RLA1020 "Promoción de la tecnología de la radiación en polímeros naturales y sintéticos para el desarrollo de nuevos productos, con énfasis en la recuperación de residuos.....</i>	<i>170</i>
<i>PROYECTO 56: Efecto de los contaminantes emergentes en los ecosistemas marinos de la Isla de Chira y Paquera: Bio-monitoreo mediante maricultura, para la mejora de la conservación de la biodiversidad, la salud y la actividad productiva de la zona.</i>	<i>173</i>

PROYECTO 57: Obtención de materiales porosos producidos a partir de biopolímeros extraídos de residuos agroindustriales para aplicaciones biomédicas. 174

PROYECTO 58: Generación de un modelo de simplificación automática de textos en español mediante inteligencia artificial..... 177

PROYECTO 59: Gestión alternativa del turismo: un análisis de las prácticas de Economía Social y Solidaria 180

PROYECTO 60: Fabricación de celdas biosolares a partir de biomasa de microalgas: Doble cosecha de la energía solar para producción de proteínas fotosintéticas y energía fotovoltaica 183

PROYECTO 61: Desarrollo de patrón de estimulación mecánica para inducir la diferenciación de mioblastos a músculo esquelético 186

PROYECTO 62: Aleaciones ligeras de magnesio y aluminio nanoestructuradas por deformación plástica severa para la fabricación y mejora de sistemas de almacenamiento de energía. 188

PROYECTO 63: Caracterización de la nanoestructura de aleaciones de titanio beta producidas por torsión de alta presión para su uso en aplicaciones biomédicas 190

PROYECTO 64: Determinación de los mecanismos moleculares de proteínas pro-coagulantes humanas mediante cristalografía de rayos X de macromoléculas biológicas, -Fase II-. 192

*PROYECTO 65: Desarrollo de un prototipo de microencapsulado del hongo biocontrolador *Trichoderma harzianum* obtenido a partir de fermentaciones de conidias en biorreactor..... 195*

*PROYECTO 66: Caracterización y aprovechamiento de micorrizas como herramienta de producción sostenible y resistencia ante el estrés hídrico en (*Coffea arabica*). 199*

PROYECTO 67: Estudios de las vías genéticas de plantas extremófilas: un nuevo abordaje en ingeniería genética para la tolerancia al estrés abiótico en cultivo agrícolas..... 201

PROYECTO 69: Acuicultura descarbonizada: Mitigación de carbono mediante la generación de suplementos alimenticios con microalgas nativas 204

PROYECTO 70: Papp Fase I: Establecimiento de un modelo intestinal in vitro para el cálculo del coeficiente de permeabilidad aparente de compuestos bioactivos 207

PROYECTO 71: Comparación del escenario de exposición a tóxicos para Nefropatía Mesoamericana (Enfermedad Renal Crónica ERC) entre Costa Rica y Panamá y su correlación con la salud de la población afectada. 209

PROYECTO 72: Validación de un método de cuantificación de metabolitos de Cannabis sp. mediante HPLC-DAD-FL..... 212

PROYECTO 73: Genómica de actinobacterias asociadas avispas sociales para estudio de elementos genéticos antimicrobianos 215

PROYECTO 74: Vida en el extremo: Novedoso abordaje para la exploración genómica y fisiológica de microorganismos fotosintéticos extremófilos..... 218

PROYECTO 75: Desarrollo de una estrategia interinstitucional para la reducción de contaminantes emergentes en cuerpos de agua de la GAM, Costa Rica..... 221

PROYECTO 75: Desarrollo de líneas de caña de azúcar (Saccharum officinarum) producidas por mutagénesis radioinducida para una agricultura más resiliente y productiva 224

PROYECTO 76: Desarrollo de un método rápido de detección de la enfermedad viral del camote (SPVD) y estudio del comportamiento de insectos vectores asociados, como estrategia de prevención y control fitosanitario en apoyo a la competitividad del sector productivo de Costa Rica 228

PROYECTO 77: Plataforma hardware-software multiservicios en la nube de reconocimiento de personas y sus emociones para Pymes y Startups 231

PROYECTO 78: Percepciones de la educación combinada en tiempos de pandemia: estudio de caso de seis docentes de inglés de primaria de la Dirección Regional de Educación Norte-Norte..... 234

PROYECTO 79: Motivaciones y segmentación en destinos costeros y marinos durante la pandemia COVID-19: Un estudio de Jacó en Costa Rica..... 236

<i>PROYECTO 80: Diseño de dispositivos mecatrónicos para la rehabilitación física posterior a un evento cerebrovascular o COVID-19 (REHAB-GYM)</i>	<i>238</i>
<i>PROYECTO 81: Interacciones Multimodales en ambientes virtuales para el aprendizaje (iReal 7.0).....</i>	<i>240</i>
<i>PROYECTO 82: Desarrollo y evaluación de un dispositivo de intercambio térmico con esponja metálica como elemento de transferencia del calor</i>	<i>243</i>
<i>PROYECTO 83: Identificación de fallas en instalaciones solares fotovoltaicas</i>	<i>247</i>
<i>PROYECTO 84: Desarrollo de un sistema sostenible de cosecha de agua atmosférica para uso comunitario y en sistemas productivos en Costa Rica</i>	<i>250</i>
<i>PROYECTO 85: Detección automática in situ de aforo en video para retorno a presencialidad debido a la pandemia de la COVID19.....</i>	<i>253</i>
<i>PROYECTO 86: Clasificación y comparación de imágenes biomoleculares y médicas.</i>	<i>256</i>

<i>PROYECTO 87: Metodología para el reconocimiento automático de patrones del Pensamiento Computacional en estudiantes de la educación general básica para mejorar los procesos de gestión</i>	<i>258</i>
<i>PROYECTO 88: Procesos de Manufactura en el Aula, desarrollo de un Objeto de Aprendizaje con Realidad Mixta (XR)</i>	<i>260</i>
<i>PROYECTO: FAIR 89: Feminist AI Research f<A+i>r: Incubating Feminist AI: From Paper to Prototype to Pilot</i>	<i>262</i>
<i>PROYECTO 90: Elaboración de un instrumento para la estimación del nivel de competencias de comportamiento en los desarrolladores de software y gerentes de proyectos del sector de tecnologías digitales en Costa Rica.</i>	<i>265</i>
<i>PROYECTO 91: Generación de un algoritmo de recomendación de métodos para pronósticos a partir de la caracterización de la serie temporal.....</i>	<i>268</i>
<i>PROYECTO 92: Optimización del manejo de plantas arvenses en los estadios iniciales de cultivos forestales de teca y melina</i>	<i>270</i>

PROYECTO 93: Desarrollo de una metodología de cálculo de tasas de transporte de sedimentos de fondo contemplando diámetros de partículas no uniformes mediante la evaluación de las ecuaciones de Meyer-Peter and Müller, Bagnold, Van Rijn, Engelund Hansen y Yalin en los alrededores de la confluencia entre los ríos Reventazón y Parismina 272

PROYECTO 94: BIOECODES: El BIOcarbón como estrategia de ECONOMÍA circular: valorización de residuos agroindustriales para la DESCARBONIZACIÓN y la protección de los recursos..... 274

PROYECTO 95: Desarrollo de un paquete tecnológico que fomente la economía circular en los sistemas de producción agroalimentaria, mediante la reducción de la huella hídrica y uso de fertilizantes..... 276

PROYECTO 96: Evaluación del uso potencial de fibras naturales como biomaterial..... 279

PROYECTO 97: Ventanas inteligentes: Aplicaciones a la eficiencia energética en el diseño arquitectónico de fachadas 282

PROYECTO 98: Estudios de turbulencia y transporte en el plasma ECRH del Stellarator SCR-1 285

PROYECTO 99: Personalidad de los directivos y su influencia en el desarrollo y éxito de las PYMES exportadoras de Costa Rica: análisis cross-cultural Costa Rica – España” 287

PROYECTO 100: Revalorización de la broza del café como material adsorbente alternativo al carbón activado en la remoción del bromacil de fuentes agua. 291

PROYECTO 101: Elaboración de un índice de calidad para el monitoreo de los ríos en Guatemala que apoyen programas de gestión ambiental..... 294

PROYECTO 102: Desarrollo de sistema para evaluación biomecánica de implantes para prótesis óseo-integradas en modelos mímicos de hueso impresos en 3D 297

PROYECTO 103: Desarrollo de un sistema PCT (presión-composición-temperatura) para medir la capacidad de almacenamiento de hidrógeno en intermetálicos nanoestructurados de TiFe producidos por torsión de alta presión (HPT) 299

PROYECTO 104: NanoBiofertilizantes: Uso de arcillas en la preparación de Emulsiones de Pickering para formulados agrícolas a partir de biomasa microalgal de Arthrospira máxima 302

PROYECTO 105: Caracterización de actividad lipasa endógena de especies de microalgas y desarrollo de transesterificación in situ para la producción de ésteres etílicos de ácidos grasos, como materia prima para biocombustibles 305

PROYECTO 106: Estudio del desplazamiento en suelo, virulencia y potencial biotecnológico de cepas de listeria spp. Aisladas en Costa Rica. 308

PROYECTO 107: Formulación de un prototipo de uso tópico a partir de extractos de fresa (Fragaria x ananassa., variedad Festival) ricos en antocianinas 310

PROYECTO 108: Evaluación de un sistema biológico eucariota (Nicotiana tabacum) para la producción de insulina humana recombinante, con miras al escalamiento en biorreactor 312

PROYECTO 109: Biorrefinería de microalgas: Desarrollo de un proceso integral sostenible para la producción de compuestos

bioactivos a base de microalgas para la agricultura, ganadería y acuicultura 314

PROYECTO 110: Desarrollo sostenible en acuicultura: Nutrición de alevines con nuevo suplemento microalgal rico en proteína 315

PROYECTO 111: Acceso a fuentes novedosas de productos naturales: Alcance multiómico innovador y transdisciplinar para el descubrimiento de metabolitos bioactivos en Actinobacterias y Cianobacterias de ambientes extremos ... 318

PROYECTO 112: Herramientas biotecnológicas en vainilla para aumentar la resistencia a fusarium oxysporum..... 321

PROYECTO 113: Protaminas: Evolución y papel en la protección del ADN espermático, formación de la cabeza y funcionamiento celular (PROTASPERM) 323

PROYECTO 114: Perfil de tareas, intereses y habilidades vocacionales de estudiantes de las carreras de Ingeniería en Agronomía, Mecatrónica y Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)..... 325

PROYECTO 01: Estimación del Límite Técnico permisible para la penetración de energías renovables y generación distribuida en el Sistema Eléctrico Nacional.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Ingeniería de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería en Electromecánica

Participante Escuela de Matemática

Investigador Coordinador: M.Sc. Gustavo A. Gómez Ramírez.

Contacto: ggomez@tec.ac.cr

Resumen

La generación eléctrica de Costa Rica se ha caracterizado durante los últimos años en ser sostenible y amigable con el ambiente. En 2021 se aprueba la Ley 10086 para Promover El Desarrollo de las Energías Renovables con lo cual se reafirma el posicionamiento del país en generación eléctrica renovable aprovechando todos los recursos disponibles. La siguiente propuesta de proyecto de investigación va enfocada en el análisis de la alta penetración de generación distribuida renovable en el sistema de transmisión y distribución.

Por esta razón se analizarán escenarios a partir de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación: “Modelado de la futura penetración de Vehículos Eléctricos para realizar estudios de eléctricos y ambientales para Costa Rica.”, lo cual para la siguiente propuesta se incluirán generación para autoconsumo (a partir de recursos fotovoltaicos) e integración de almacenamiento analizados en la red de transmisión y en las redes de distribución de las compañías participantes en este proyecto. Para lo cual se proponen diversos métodos de análisis en sistemas de potencia tales como estabilidad transitoria, tensión y cargabilidad a partir de métodos numéricos para su análisis y con la utilización de software especializado

en sistemas de potencia. Los resultados serán de gran importancia para la futura planificación de las redes, pero también porque posicionarán al TEC en el marco de referencia que la Ley de Promoción y Regulación de Recursos Energéticos Distribuidos a partir de Fuentes Renovables promoverá entre las empresas distribuidoras, ARESEP y los diversos entes de importancia del país en materia energética. Es importante mencionar que se cuenta con el sistema eléctrico de nacional modelado usando ETAP y las empresas distribuidoras proporcionarán la red de distribución de cada área de su concesión para los análisis propuestos en este proyecto.

Palabras clave: *generación distribuida, transmisión, distribución, sistemas flexibles, recursos distribuidos, vehículos eléctricos.*

Abstract

The electricity generation of Costa Rica has been characterized in to be sustainable and renewable. In 2021, Law 10086 is approved to Promote the Development of Renewable Energies, which reaffirms the country's position in renewable electricity

generation, taking advantage of all available resources. The following research project proposal is focused on the analysis of the high penetration of renewable distributed generation in the transmission and distribution grid. For this reason, scenarios will be analyzed based on the results obtained in the research project: "Modeling of the future penetration of Electric Vehicles to carry out electrical and environmental studies for Costa Rica.", which for the following proposal will include self-consumption generation (from photovoltaic resources) and storage integration analyzed in the transmission and distribution grid. Several methods of analysis are proposed in power systems such as transient and voltage stability, and loadability from numerical methods for their analysis and with the use of specialized software in power systems. Nowadays, Costa Rica Power System has been modeled using

ETAP and the distribution companies will provide the distribution system for the analyzes proposed in this project. The results will be outstanding for the future power planning, but they will position the TEC in the frame of reference that the Law for the Promotion and Regulation of Distributed Energy Resources from Renewable Sources will promote among the distribution companies, ARESEP and the Energies entities of Costa Rica.

Key words: *distributed generation, transmission, distribution, flexible systems, distributed resources, electric vehicles.*

PROYECTO 02: OKSP 2.0: Determinación de los parámetros de fuente sísmica para la comprensión de la mecánica de ruptura a lo largo de segmentos de falla en Costa Rica utilizando redes neuronales

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería en Computación

Investigador Coordinador: Dr. Esteban Meneses Rojas

Contacto: esmeneses@tec.ac.cr

Resumen

Tanto el desarrollo de planes de ordenamiento territorial, como la robustez del código sísmico de construcción son fundamentalmente dependientes de las características sismotectónicas (como el tipo de falla, geología, geometría, extensión, periodos de recurrencia, etc.) locales y regionales del país. La comprensión del potencial sísmico y el estilo de ruptura a lo largo de un sistema de fallas permite entonces elaborar mejores evaluaciones de riesgo ante la ocurrencia de terremotos. En el Valle Central, por ejemplo, las fallas como la de Aguacaliente, Cipreses y Río Azul, cruzan los cantones más densamente poblados de la Provincia de San José y Cartago, y poco se conoce sobre su cinemática. Una estimación de primer orden, con base en la extensión de estas y su ancho en profundidad sugieren la posibilidad de ocurrencia de eventos con magnitud de momento sísmico mayor a $M_w=5,5$, a una profundidad somera, pero no se conoce con exactitud su periodo de recurrencia ni la física de las mismas. Hacia el sur del cantón central en la Provincia de Cartago, la falla Navarro es responsable de haber generado sismos históricos importantes, como el “Terremoto de Cartago”, con magnitud $M_w=6,1$, ocurrido el 4 de mayo de 1910 y catalogado como el

temblor más destructivo de la historia de Costa Rica, seguido por el terremoto de Cinchona, $M_w=6,2$, del 8 de enero de 2009 y el Terremoto del Valle de la Estrella, $M_w=7,7$, del 12 de abril de 1992. Para lograr anticipar grandes temblores como estos, es necesario estudiar con excelente detalle el periodo intersísmico de las fallas causantes, entendiendo cuál es la distribución de magnitud y la frecuencia en la ocurrencia de eventos, así como también, el estilo de fallamiento (mecanismo focal o cinemática) y por consiguiente el régimen de esfuerzos, coeficientes de fricción y posibles rotaciones del campo de esfuerzos en el tiempo asociadas a la preparación de la falla ante la ruptura. En esta propuesta de investigación, se pretende aprovechar la infraestructura computacional del CENAT para expandir el uso de la herramienta OKSP, desarrollada para la identificación y localización de temblores mediante el uso de las estaciones sismológicas operadas por el OVSICORI-UNA, para la determinación de la magnitud del momento sísmico y el cálculo de mecanismos focales utilizando redes neuronales.

Actualmente, el cálculo de mecanismos focales se basa en dos métodos principales: 1) que consideran la determinación de la polaridad de la fase de onda P y 2) el cálculo del tensor de momento sísmico. Ambos casos son hasta ahora manuales y

no ha sido desarrollada una aplicación automática basada en Inteligencia Artificial que permita su estimación, de manera que, esta propuesta pretende llevar el campo hacia adelante, desarrollando una aplicación que permita automatizar el cálculo de los mecanismos focales, reduciendo el sesgo por intervención humana, mejorando la comprensión sismotectónica a diferentes escalas de tiempo y espacio, y, generando un impacto positivo directo en los observatorios sismológicos a nivel mundial.

Palabras clave: *Mecanismos focales, Momento sísmico, Caída de esfuerzos, Fallas tectónicas, Inteligencia Artificial, Redes neuronales.*

Abstract

Both the development of territorial planning plans and the robustness of the seismic construction code are fundamentally dependent on local and regional seismotectonic characteristics (such as the type of fault, geology, geometry, extent, recurrence periods, etc.) of the country. Understanding the seismic potential and the style of rupture along a fault system then

allows for better risk assessments in the event of earthquakes. In the Central Valley, for example, faults like the Aguacaliente, Cipreses and Río Azul faults cross the most densely populated cantons of the Province of San José and Cartago, and little is known about their kinematics. A first-order estimate, based on their extension and their width at depth, suggest the possibility of occurrence of events with a seismic moment magnitude greater than $M_w=5.5$, at a shallow depth, but their exact nature is not known, neither the period of recurrence or their physics. To the south of the central canton in the Province of Cartago, the Navarro fault is responsible for having generated important historical earthquakes, such as the "Cartago Earthquake", with magnitude $M_w=6.1$, which occurred on May 4, 1910, cataloged as the most destructive tremor in the history of Costa Rica, followed by the Cinchona earthquake, $M_w=6.2$, on January 8, 2009, and the Valle de la Estrella earthquake, $M_w=7.7$, on April 12, 1992. In order to anticipate large earthquakes like these, it is necessary to study in excellent detail the interseismic period of the faults that caused them, understanding the distribution of magnitude and the frequency in the occurrence of events, as well as the style of faulting (mechanism focal or kinematic) and consequently the stress regime, friction coefficients and possible rotations of the stress field in time associated with the

preparation of the failure before rupture. This research proposal is aimed at taking advantage of the CENAT computational infrastructure to expand the use of the OKSP tool, developed for the identification and location of tremors through the use of seismological stations operated by OVSICORI-UNA, for the determination of the magnitude of the seismic moment and the calculation of focal mechanisms using neural networks. Currently, the calculation of focal mechanisms is based on two main methods: 1) that consider the determination of the polarity of the P-wave phase and 2) the calculation of the seismic moment tensor. Until now, both cases are manual and an automatic application based on Artificial Intelligence has not been developed that allows their estimation, so this proposal aims to take the field forward, developing an application that allows automating the calculation of focal mechanisms, reducing bias due to human intervention, improving seismotectonic understanding at different time and space scales, and generating a direct positive impact on seismological observatories worldwide.

Key words: *Focal mechanisms, Seismic moment, Stress drop, Tectonic faults, Artificial Intelligence, Neural networks.*

PROYECTO 03: Monitoreo emocional y de los niveles de autoeficacia que experimentan los candidatos durante la entrevista laboral virtual: Un estudio exploratorio.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 30 de junio del 2024.

Área: Ciencias Sociales.

Sub área: Economía y Negocios y Otras ciencias sociales.

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas

Investigador Coordinador: MDE. Marco Martínez Mora.

Contacto: marco.martinez@tec.ac.cr

Resumen

Desde inicios del 2020, la pandemia mundial ocasionada por el Covid 19 obligó a modificar el modelo de trabajo en Costa Rica abriendo paso a la virtualidad, que ha alcanzado los procesos de selección y reclutamiento de personal, de manera que los medios digitales han prevalecido frente a otras opciones. La necesidad de evitar el contacto físico, evitar la reserva de espacios y el desplazamiento eleva el protagonismo de entrevistas virtuales (Club del Emprendimiento, 2021). Más del 81% de los profesionales de contratación considera que la selección de personal continuará de manera remota o de forma híbrida (LinkedIn, 2020). Sin embargo, esta nueva modalidad resulta en un desafío para los candidatos y empleadores, dado que el formato virtual puede resultar más estresante, si se consideran elementos como la conexión de internet o el ambiente en el que se encuentre el candidato al momento de la entrevista, entre otros factores (Samela, 2021). Es por lo anterior, que una entrevista laboral puede generar cierto grado de estrés lo que conlleva a la activación y desactivación de emociones, tanto positivas como negativas o neutras. Algunas de ellas relacionadas con autoeficacia profesional y la experiencia en el mercado laboral (Raccanello, 2015).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es monitorear, a través de una investigación exploratoria experimental, las expresiones faciales y los niveles de autoeficacia que experimentan los candidatos durante la entrevista laboral en dos modalidades: virtual o cara a cara. Para ello, el estudio es de naturaleza cuantitativa con alcance deductivo. El diseño de tipo experimental, por medio del equipo del Laboratorio de Neuromarketing de la Escuela de Administración de Empresas, específicamente con la tecnología del Face Reading, se medirán expresiones faciales universales. La investigación se enmarca en las líneas de entorno y gestión de negocios del CIADEG, alineado con la visión institucional del Tecnológico a través del eje estratégico de la cultura, aplicando la neurociencia en los negocios en el contexto empresarial costarricense. Con los resultados del estudio se beneficiarán profesionales en la gestión del talento humano con datos e información con rigor científico sobre el impacto que tienen las emociones en los procesos de entrevista cara a cara y virtual. Así mismo, como parte de las disciplinas que se imparten en la Escuela de Administración de Empresas está la gestión el talento humano, por ello los resultados que se obtendrán en este estudio serán trasladados a la docencia con el fin de

proveer de mayor conocimiento práctico a los futuros profesionales del área.

Palabras clave: *Entrevista Cara a Cara, Entrevista virtual, Reclutamiento, Facereading, Autoeficacia.*

Abstract

Since the beginning of 2020, the global pandemic caused by Covid-19 forced the work model in Costa Rica to be modified, opening the way to virtuality, which has reached the processes of selection and recruitment of personnel, so that digital media have prevailed over to other options. The need to avoid physical contact, avoid reserving spaces and travel, increases the prominence of virtual interviews (Club del Emprendimiento, 2021). More than 81% of hiring professionals consider that the selection of human talent will continue remotely or in a hybrid way (LinkedIn, 2020). However, this new modality results in a challenge for candidates and employers, since the virtual format can be more stressful, considering elements such as: the internet connection or the environment in which the candidate is at the time of the interview, among other factors (Samela, 2021).

Consequently, a job interview can generate a certain degree of stress, which leads to the activation and deactivation of emotions, both positive and negative or neutral. Some of them related to professional self-efficacy and experience in the labor market (Raccanello, 2015). Therefore, the purpose of this research is to determine the relationship between the emotional state and the levels of self-efficacy with the performance in the hiring processes experienced by the candidates when the virtual/face-to-face interview technique is used.

For this, the study is quantitative in nature with a deductive scope. The experimental type design will be used, through the equipment of the Neuromarketing Laboratory of the Business Administration School, specifically with Face Reading technology, universal facial expressions will be measured. The research is part of the environment and business management lines of research of CIADEG, aligned with the institutional vision of ITCR through the strategic axis of culture, applying neuroscience in business in the Costa Rican business context. With the results of the study, professionals in the management of human talent will benefit from data and information with scientific rigor on the impact that emotions have on face-to-face and virtual interview processes. Likewise, as part of the disciplines taught at the School of Business Administration is the

management of human talent, for this reason the results obtained in this study will be transferred to teaching in order to provide greater practical knowledge to students. future professionals in the area.

Key words: *Face to face interview, Online Interview, Recruitment, Facereading, self-efficacy.*

PROYECTO 04: Evaluación del crecimiento, densidad y secado de la madera de balsa (*Ochroma pyramidale*), en plantaciones de corta rotación, bajo diferentes densidades de siembra en la zona Huetar Caribe de Costa Rica.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias agronómicas.

Sub área: Agricultura, forestería y pesca.

Escuelas participantes:

Proponente: Ingeniería Forestal

Investigador Coordinador: Ing. Alejandro Meza Montoya.

Contacto: almeza@tec.ac.cr

Resumen

Recientemente se ha presentado un incremento en el establecimiento de plantaciones de la especie balsa (*Ochroma pyramidale*) en la región Huetar Caribe, producto de ventanas de mercado internacional que han sido promovidas por particulares. Ante la ausencia de conocimiento científico tecnológico sobre el cultivo de esta especie, tanto la Asociación para el Desarrollo Sostenible de la región Atlántica (ASIREA) como productores independientes han solicitado a la Escuela de Ingeniería Forestal su participación en este proceso generando la información silvicultural y de tecnología de la madera requerida para que los productores tengan una base más sólida para el establecimiento de sus plantaciones. El proyecto pretende recopilar la información sobre la ubicación geográfica de las plantaciones de balsa existentes en la región Huetar Caribe, realizar mediciones de las variables dasométricas a diferentes edades, asociar su crecimiento con el tipo de suelo y diseñar un modelo de crecimiento que permita disponer de más información silvicultural.

Se establece un ensayo de crecimiento de la especie a diferentes distanciamientos de siembra, utilizando 4 tratamientos y al menos 3 repeticiones, con la finalidad de

brindar a los productores información validada estadísticamente sobre el distanciamiento óptimo para alcanzar los niveles requeridos en el mercado internacional.

Se evalúa la densidad de la madera a diferentes edades y distanciamientos de siembra utilizando métodos estadísticos, los resultados se asocian con la información de crecimiento para complementar la información que el productor requiere para el manejo de las plantaciones. Finalmente se evalúan estadísticamente 3 diferentes métodos de secado de la madera para determinar cuál de ellos es el más favorable para alcanzar los requerimientos de contenido de humedad de la madera del mercado internacional.

Los resultados del proyecto son divulgados mediante un día de campo, material divulgativo tipo desplegable, una nota técnica y 3 artículos científicos.

Palabras clave: *distanciamientos de siembra, especies de rápido crecimiento, densidad de la madera, secado de la madera, madera liviana.*

Abstract

Recently there has been an increase in the establishment of plantations of balsa species (*Ochroma pyramidale*) in the Huetar Caribe region, as a result of international market windows that have been promoted by individuals. In the absence of technological and scientific knowledge on the cultivation of this species, both the Association for the Sustainable Development of the Atlantic Region (ASIREA) and independent producers have requested the School of Forest Engineering to participate in this process by generating silvicultural and wood technology information required for producers to have a more solid base for the establishment of their plantations.

The project aims to collect information on the geographical location of the existing balsa plantations in the Huetar Caribe region, measure the dasometric variables at different plantation ages, associate their growth with the type of soil, and design a growth model that provides more silvicultural information.

A trial test to determine species growth test of the species at different planting distances is established, using 4 treatments and at least 3 repetitions, in order to provide producers with

statistically validated information on the optimal distance to reach the levels required in the international market.

Wood density at different ages and planting distances is evaluated using statistical methods, the results are associated with growth information to complement the information that the producer requires for plantation management.

Finally, 3 different wood drying methods are statistically evaluated to determine which of them is the most favorable to meet the international market wood moisture content requirements. The results of the project are disclosed through a field day, fold-out type informative material, a technical note and 3 scientific articles.

Key words: *planting spacing, fast-growing species, wood density, wood drying, light wood.*

PROYECTO 05: Estudio del proceso de difusión de sales de boro en especies de reforestación de Costa Rica, para promover el uso de madera preservada en el país.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias agronómicas.

Sub área: Agricultura, forestería y pesca.

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Forestal

Investigador Coordinador: Dr. Alexander Berrocal Jiménez.

Contacto: aberrocal@tec.ac.cr

Resumen

El incremento en el uso de la madera proveniente de plantaciones de rápido crecimiento y sistemas agroforestales, que se caracteriza por tener un mayor porcentaje de madera juvenil y mayor proporción de albura, implica desarrollar la preservación de la madera. El uso de sales de boro como preservante en la madera se remonta a los años 60, este elemento químico es un retardante del fuego, presenta buenas propiedades insecticidas contra agentes de biodeterioro de la madera tales como terminas y barrenadores de la madera y también ha demostrado resistencia parcial contra el ataque de hongos. Uno de los métodos de preservación más utilizados, con este tipo de preservantes, es el de inmersión-difusión. Este método es económico, no cambia el color natural de la madera y no requiere un alto nivel de infraestructura para ser implementado. Sin embargo, presenta algunas desventajas tales como altos niveles de lixiviación en presencia de humedad, la madera tratada no debe estar en contacto directo con el suelo y no es un método efectivo cuando la madera está seca. En Costa Rica este método ha sido utilizado comercialmente por algunas empresas, además a nivel experimental se han realizado pruebas con las principales especies de reforestación, por lo que se han encontrado

importantes diferencias en el tiempo de difusión del boro entre especies, debido a las diferencias anatómicas de cada tipo de madera. Esta propuesta pretende generar información relevante que promueva un mayor uso de madera preservada con sales de boro, bajo el método de inmersión-difusión en las principales maderas de reforestación utilizadas en Costa Rica. El objetivo general de este proyecto es: Optimizar el proceso de preservación de madera con sales de boro mediante el método de inmersión-difusión en especies de reforestación en Costa Rica. Para lograr este objetivo es necesario determinar los coeficientes de difusión de las sales de boro en especies de reforestación, proponer un método novedoso de fijación de las sales de boro en la madera y validar la eficiencia de este método utilizando análisis como TGA, FTIR, SEM, pruebas de durabilidad de la madera preservada, resistencia al fuego, cambios en la estabilidad dimensional y absorción de humedad. El producto principal de esta propuesta sería el desarrollo de un sistema optimizado de preservación con sales de boro con el método inmersión-difusión, que tome en cuenta las diferencias entre especies y que reduzca la lixiviación de este elemento químico en ambientes de alta humedad, que pueda ser aplicado a la industria de la madera y ajustado a las especies de reforestación de Costa Rica.

Palabras clave: Preservación, fijación, lixiviación, especies de plantación.

Abstract

An increase in use of wood from fast-growing plantations and agroforestry systems, which is characterized by a higher percentage of juvenile wood and a higher proportion of sapwood, has increase wood preservation development. The use of boron salts, as a wood preservative, dates back to the 1960s. This chemical element is a fire retardant, has good insecticidal properties against wood biodeterioration agents such as termites and wood borers, and has also shown partial resistance against fungal attack. One of the most used preservation methods, with this type of preservatives, is the immersion-diffusion method. This method is inexpensive, does not change the natural color of the wood, and does not require a high level of infrastructure for its implementation. However, it has some disadvantages such as high levels of leaching in the presence of moisture, the treated wood should not be in direct contact with the ground, and it is not an effective method when the wood is dry. In Costa Rica this method has been used

commercially by some companies, in addition to experimental tests have been carried out with the main reforestation species, for which important differences have been found in the boron diffusion time between species, due to the differences in anatomical characteristics of each type of wood. This proposal aims to generate relevant information that promotes the use of preserved wood with boron salts, under the immersion-diffusion method in the main reforestation woods used in Costa Rica. The general objective of this project is: Optimize the wood preservation process with boron salts through the immersion-diffusion method in reforestation species in Costa Rica. To achieve this objective, it is necessary to determine the diffusion coefficients of boron salts into the wood of main reforestation species used in Costa Rica, to propose a novel method of fixing boron salts in wood and to validate the efficiency of this method using analyzes such as TGA, FTIR, SEM, preserved wood durability tests, fire resistance test, changes in dimensional stability and moisture absorption. The main product of this proposal would be the development of an optimized preservation system with boron salts under the immersion-diffusion method, which considers the differences between species and reduces the leaching of this chemical element in

high humidity environments, which can be applied to the wood industry and adjusted to the reforestation species of Costa Rica.

Key words: *Preservation, fixation, leaching, plantation species.*

PROYECTO 06: Diseño de madera contralaminada tipo CLT para uso como entrepisos y paredes en edificaciones.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ingeniería y tecnología.

Sub área: Ingeniería Civil y otras Ingenierías y Tecnologías.

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Forestal

Participante Ingeniería Forestal e Ingeniería en Construcción

Investigador Coordinador: Dr. Freddy Muñoz Acosta.

Contacto: fmunoz@tec.ac.cr

Resumen

Este proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación en tecnología de productos forestales, biomasa y bioenergía y a los ejes estratégicos institucionales Industria y Hábitat. La propuesta de investigación pretende generar investigación aplicada, generando resultados para productos como entrepisos y paredes fabricados con CLT, aplicables al sector de la industria de la madera y de la construcción. La caracterización mecánica de probetas específicas procedentes del muestreo de los paneles tipo CLT será mediante ensayos mecánicos orientados a determinar un gramaje idóneo de adhesivo y su resistencia al cizalle. Ensayos de flexión (MOR) y resistencia elástica (MOE) mediante ensayos de flexión estática en cuatro puntos. Estos valores de propiedades mecánicas serán referencia para los parámetros que se incluirán en una tabla de valores de diseño y luego con una simulación de la resistencia mecánica permitirá decidir la aplicación del material tipo CLT en estructuras de madera como entrepiso y pared, cumpliendo con las exigencias del Código Sísmico de CR.

Palabras clave: *madera, plantación, melina, madera contralaminada, construcción.*

Abstract

This project is part of the line of research on technology of forest products, biomass and bioenergy and the institutional strategic axes Industry and Habitat. The research proposal aims to generate applied research, generating results for products such as mezzanine and walls made with CLT, applicable to the wood and construction industry sector. The mechanical characterization of specific specimens from the sampling of the CLT-type panels will be through mechanical tests aimed at determining an ideal adhesive weight and its resistance to shear. Flexural tests (MOR) and elastic resistance (MOE) by means of static bending tests at four points. These mechanical property values will be a reference for the parameters that will be included in a table of design values and then with a simulation of the mechanical resistance, it will be possible to decide the application of the CLT-type material in wooden structures such as mezzanine and wall, complying with the requirements of the CR Seismic Code.

Key words: *plantation wood, melina, cross laminated timber, construction.*

PROYECTO 07: Desarrollo de una metodología para la generación de escenarios de Cambio Climático futuro ligados a eventos de precipitación extrema en Costa Rica.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias naturales e Ingeniería y tecnología.

Sub área: Ciencias de la Tierra y del Ambiente e ingeniería civil.

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería en Construcción

Participante Ingeniería en Computación

Investigador Coordinador: Ing. Maikel Méndez Morales.

Contacto: mamendez@tec.ac.cr

Resumen

Las actividades antropogénicas han generado un incremento acelerado en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el último siglo. Esto a su vez, ha provocando un desequilibrio general del Sistema Climático Global al que se ha denominado Cambio Climático Global. De modo inequívoco, el Cambio Climático está causando eventos de precipitación extrema en diversas regiones del planeta. Los eventos de precipitación extrema han venido aumentando en intensidad y frecuencia en relación a los registros históricos. Asimismo, la precipitación extrema es un factor determinante en la ocurrencia de eventos de inundación. Los sistemas de drenaje tanto naturales como civiles se están volviendo inefectivos ante los embates del Cambio Climático. Por otro lado, las inundaciones acarrearán profundos efectos destructivos sobre la infraestructura, la producción, las comunicaciones, la economía y las personas. Esto resulta particularmente crítico en regiones como Centroamérica, la cual es considerada como un hotspot por su vulnerabilidad ante los efectos de Cambio Climático futuro. Por lo tanto, resulta crítico profundizar en el entendimiento de los posibles impactos que los eventos de precipitación extrema pudieran tener sobre el territorio costarricense, ubicado en el istmo Centroamericano. En

consecuencia, este proyecto pretende desarrollar una metodología para la generación de escenarios de Cambio Climático futuro ligados a eventos de precipitación extrema en de Costa Rica. Para ello, se utilizarán simulaciones de precipitación derivadas de un ensamble de modelos de Cambio Climático de alta resolución espacio-temporal que incluye Modelos de Circulación General (GCMs), Modelos Regionales de Clima (RCMs) y Reducción Estadística de Escala (SD). Para el análisis de incertidumbre, se tomarán en cuenta los escenarios de forzamiento radiativo ligados a emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) conocidos como Trayectorias de Concentración Representativas (RCPs) para los periodos futuros 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 en relación a la línea base históricas definidas por la Organización Meteorológica Mundial. La metodología a desarrollar se centrará en la generación de productos de proyecciones de Cambio Climático de precipitación extrema a nivel local para estaciones meteorológicas específicas, la cual podrá posteriormente ser replicada a estaciones meteorológicas similares en otras regiones del país. Los productos a generarse se ubican dentro de la categoría de Servicios Climáticos, los cuales son un conjunto de herramientas que buscan incorporar información y predicciones climáticas

sustentadas científicamente que facilitan finalmente la toma de decisiones respecto a la adaptación y mitigación al Cambio Climático. Más específicamente, se generarán curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDFs) compensadas por Cambio Climático para las estaciones meteorológicas seleccionadas, las cuales a su vez facilitarán el desarrollo de estudios de impacto a escala puntual. Esto permitirá cuantificar los efectos que el Cambio Climático pudiera tener sobre los sistemas de drenaje tanto naturales como civiles asociados al área de estudio, aumentando así su resiliencia frente a la variabilidad del clima y el Cambio Climático. Lo anterior, facilitaría que las prácticas de ingeniería pudieran incorporar un amplio rango de condiciones climáticas futuras (potencialmente muy diferentes a aquellas registradas históricamente) a los diseños o evaluaciones de obras de infraestructura tales como puentes, carreteras y sistemas de drenaje.

Palabras clave: Cambio Climático, CORDEX, Ensamble, GCM, IDF, Infraestructura, ServiciosClimáticos, RCM, RCP.

Abstract

Anthropogenic activities have generated an accelerated increase in greenhouse gas (GHG) emissions in the last century. This, in turn, has caused a general imbalance of the Global Climate System which has been called Global Climate Change. Unequivocally, Climate Change is causing extreme precipitation events in various regions of the planet. Extreme precipitation events have been increasing in intensity and frequency in relation to historical records. Likewise, extreme precipitation is a determining factor in the occurrence of flood events. Both natural and civil drainage systems are becoming ineffective in the face of the onslaught of Climate Change. On the other hand, floods have profound destructive effects on infrastructure, production, communications, the economy and people. This is particularly critical in regions such as Central America, which is considered a hotspot due to its vulnerability to the effects of future Climate Change. Therefore, it is critical to deepen the understanding of the possible impacts that extreme precipitation events could have on the Costa Rican territory, located on the Central American isthmus. Consequently, this project aims to develop a methodology for the generation of future Climate Change scenarios linked to extreme precipitation events in Costa Rica. To do this, precipitation simulations

derived from an ensemble of high spatio-temporal resolution Climate Change models that include General Circulation Models (GCMs), Regional Climate Models (RCMs) and Statistical Downscaling (SD) will be used. For the uncertainty analysis, the radiative forcing scenarios linked to greenhouse gas (GHG) emissions known as Representative Concentration Pathways (RCPs) for the future periods 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100 will be taken into account. In relation to the historical baselines defined by the World Meteorological Organization. The methodology to be developed will focus on the generation of Climate Change projection products of extreme precipitation at the local level for specific meteorological stations, which may later be replicated to similar meteorological stations in other regions of the country. The products to be generated are located within the category of Climate-Services, which are a set of tools seeking to incorporate scientifically supported climate information and predictions that ultimately facilitate decision-making regarding adaptation and mitigation to Climate Change. More specifically, Intensity-Duration-Frequency (IDFs) curves will be generated and compensated for Climate Change for the selected meteorological stations, which in turn, will facilitate the development of impact studies at a punctual scale. This will make possible to quantify the effects that Climate Change could

have on both natural and civil drainage systems associated with the study area, thus, increasing their resilience to climate variability and Climate Change. The foregoing would make it easier for engineering practices to incorporate a wide range of future climatic conditions (potentially very different from those recorded historically) to the designs or evaluations of infrastructure works such as bridges, roads and drainage systems.

Key words: *Climate Change, CORDEX, Ensemble, GCM, IDF, Climate-Services, RCM, RCP.*

PROYECTO 08: Seguimiento y monitoreo de los ODS, una contribución a la Estrategia Nacional mediante el pilotaje de la meta 12.3.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias naturales y Ciencias agronómicas.

Sub área: Computación y Ciencias de la Información y Otras ciencias agronómicas.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Agronegocios

Participante Área Académica de Administración de Tecnologías de Información ATI, Oficina de Planificación Institucional (OPI), Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL), Oficina de Comunicación y Mercadeo (Página Web Institucional).

Investigador Coordinador: Ing. Laura Brenes Peralta

Contacto: labrenes@tec.ac.cr

Resumen

Tras la promulgación de los Objetivos del Milenio en el 2000, los países miembros de las Naciones Unidas definieron en 2015 la Agenda 2030, integrada por 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como el principal llamado global para erradicar la pobreza, asegurar la prosperidad para todas las personas y proteger al planeta. Los primeros informes que surgen indican que existen desigualdades en el reporte y vacíos de datos para medir el avance de las metas de los ODS, situación que se agravó con la pandemia del covid19. Ante ello, las Naciones Unidas llaman a una necesaria inversión en datos y estadísticas que dejen visualizar a todos los grupos poblacionales y faculten el avance de la implementación de la Agenda 2030 de forma coherente. Dentro de los ODS, el no.12 sobre Producción y Consumo Sostenible es uno de los que más retos enfrenta a nivel de calidad y cantidad de datos, así como en el cálculo de sus indicadores. Ejemplo de esto es la ausencia a nivel latinoamericano de cálculo del Índice de Pérdida de Alimentos (IPA) y del Índice de Desperdicio de Alimentos (IDA) como parte de la meta ODS 12.3 sobre reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos. Costa Rica fue el primer país del mundo en suscribir un Pacto por el Avance en el cumplimiento

de los Objetivos del Desarrollo Sostenible ODS, pero los retos estructurales y estadísticos para monitorear su avance han dificultado su implementación, siendo este el problema de investigación por atender con esta propuesta. En consecuencia, el proyecto tiene el objetivo de contribuir a la Estrategia Nacional de Seguimiento de los ODS contemplada en el Pacto Nacional de forma articulada entre el TEC y los actores de la gobernanza de los ODS en el país, así como con el sector agroalimentario nacional. Propone pasar por fases de diagnóstico de los datos e información disponible, el diseño de una herramienta de recolección y visualización de datos, y finaliza con la retroalimentación a la citada Estrategia Nacional. Se toma como referencia, las experiencias previas y lecciones aprendidas por el TEC en materia de reporte de ODS (por parte de la Oficina de Planificación Institucional, la Página Web y la Unidad de Gestión Ambiental) y de estudio del problema de las pérdida y desperdicio de Alimentos (liderado por la Escuela de Agronegocios). En conjunto y sumando a especialistas de Tecnologías de Información, será posible la aplicación de la herramienta en un caso piloto constituido por la construcción de los indicadores del IPA y el IDA de la meta ODS 12.3. Lo anterior permitirá evaluar tanto la meta citada como la experiencia para brindar un insumo en la ruta que lleva la

Estrategia Nacional de los ODS. Se considera que ejecutar este proyecto apoya el proceso de reportar indicadores, aporta al cumplimiento de varias metas del ODS 16 y 17, y coadyuva solidariamente en la búsqueda de un real desarrollo sostenible como el planteado en los compromisos de la Agenda 2030.

Palabras clave: *Objetivos de Desarrollo Sostenible, monitoreo, herramienta informática, pérdida y desperdicio de alimentos, articulación.*

Abstract

After the enactment of the Millennium Development Goals in 2000, the United Nations Member States established the 2030 Agenda, which includes 17 Sustainable Development Goals (SDG), as a global call to eradicate poverty, assure prosperity and protect the planet. The first reports about SDGs suggest the absence of data and inequities in the report of the advancements of the SDGs, a situation that was aggravated due to the Covid19 Pandemic. In response, the United Nations urge the different countries to invest in data and statistics to include all the sectors of the population and enable a coherent

implementation of the SDGs. Sustainable Production and Consumption, contained in SDG12 is one of the goals with the deepest data quality and quantity challenges, together with deficient calculations of specific indicators. For instance, the Food Loss Index (FLI) and the Food Waste Index (FWI) as part of SDG Target 12.3 is absent in most Latin American reports. Costa Rica, as the first SDG subscriber, signed a National SDG Pact; however, the structural and statistical challenges have restrained the country of a proper monitoring and adoption of the Goals. This later constitutes the problem to address through this proposal, in order to contribute to the national SDG monitoring strategy in an articulated manner among TEC, the National SDG Secretariat and the agri-food sector. The project proposes to diagnose the existing data and information, to design a tool to collect and visualize data, and the final feedback to the national strategy. It is based on previous experiences from TEC's Planning Office, the Institutional Website and the Environmental Management Unit, together with the studies in food losses and waste, led by the Agribusiness School. Altogether, the participation of Information Technologies specialists will also allow the application of the tool in a pilot plan of SDG Target 12.3 and the calculation of the FLI and FWI. Such objectives will allow to evaluate the target, as well as to provide

an input for the route for the national strategy. Developing such project will support (besides SDG 12), the achievement of targets from SDG 16 and 17, and will jointly support Costa Rica's efforts to achieve the 2030 Agenda commitments.

Key words: *Sustainable Development Goals, monitoring, computer tool, food loss and waste, articulation.*

Proyecto 09: Mejoramiento del modelo sustituto basado en codificación dispersa denominada SESM: Sparse-encoded surrogate model

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias naturales.

Sub área: Matemática.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Matemática

Participante Escuela de Electrónica

Investigador Coordinador: Dra. Cindy Calderón Arce

Contacto: ccalderon@tec.ac.cr

Resumen

Resolver problemas de la vida real generalmente requiere de una búsqueda numérica o algorítmica de parámetros que minimicen o maximicen una función y esta a la vez se basa en una evaluación reiterada de dicha función, funciones que en su mayoría son complejas, con decenas de parámetros y de alto costo de evaluación. En procesos de optimización multiobjetivo con funciones objetivo de alto costo de evaluación, definidas a partir de las denominadas "cajas negras", reducir el número requerido de evaluaciones costosas contribuye a la eficiencia, convergencia y rapidez de los resultados, además de reducir el consumo de recursos de los algoritmos para llegar al óptimo buscado. En ese sentido, esta propuesta se formula para dar continuidad al trabajo doctoral de la investigadora Cindy Calderón Arce, titulado "Reducción de evaluaciones a funciones costosas en estrategias de optimización multiobjetivo", desarrollado bajo la asesoría del investigador José Pablo Alvarado Moya y en la cual participó el investigador Juan Pablo Soto Quirós en el comité evaluador. Como parte del trabajo doctoral se propuso un modelo sustituto basado en codificación dispersa, denominado "SESM: Sparse-encoded surrogate model", utilizado para reconstruir y sustituir funciones de alto costo de evaluación en problemas de optimización

multiobjetivo. Si bien es cierto, existen propuestas de algoritmos de optimización multiobjetivo que sustituyen las funciones costosas por modelos con bajo costo de evaluación, la construcción de dichos modelos depende de un número considerable de evaluaciones de la función original. Así, SESM extiende técnicas de codificación dispersa, utilizadas en aplicaciones como segmentación de imágenes y procesamiento de señales, para generar modelos sustitutos a partir de un conjunto de datos observados o muestras. Reemplaza las funciones costosas por modelos sustitutos, en procesos de optimización multiobjetivo, reduciendo la cantidad de evaluaciones de alto costo de evaluación y contribuyendo con la reducción en el consumo de recursos al buscar soluciones a problemas de optimización. Los primeros resultados de SESM han sido satisfactorios y probados en problemas reales de alto costo de evaluación, pero su biblioteca actualmente se encuentra en una plataforma de acceso restringido, por lo que no es accesible ni está disponible para uso de toda la comunidad científica. Además, como resultado de la investigación doctoral se plantearon algunos trabajos futuros, como complemento y mejora a la primera versión de SESM. Por lo que la principal contribución de esta propuesta es la mejora de SESM en cuanto a eficiencia, estabilidad, robustez,

adaptabilidad y accesibilidad. Para ello se incorporarán nuevos estudios y estrategias de algoritmos de detección comprimida, minimización de errores al ajustar parámetros, reconstrucción de objetos en espacios complejos y clústering en la partición de espacios, para generalizarlos y adaptarlos a SESM.

Palabras clave: *modelos sustitutos, representación matricial, eficiencia, SESM, codificación dispersa, optimización, optimización multiobjetivo, problemas de alto costo de evaluación.*

Abstract

Solving real-life problems generally requires a numerical or algorithmic search for parameters that minimize or maximize a function and this in turn is based on a repeated evaluation of that function, functions that are mostly complex, with dozens of parameters and high evaluation cost. In multiobjective optimization processes that rely on objective functions with a high evaluation cost, defined as so-called "black boxes", the reduction of the required number of costly evaluations contributes to the efficiency, convergence and speed of the results. This also reduces the number of resources the algorithm

consumes to reach the desired optimum. In this sense, this proposal is formulated to give continuity to the doctoral thesis of Dr. Cindy Calderón Arce, entitled "Reduction of evaluations to costly functions in multi-objective optimization strategies", developed under the advice of Dr. Pablo Alvarado Moya and in which researcher Juan Pablo Soto Quirós participated in the evaluation committee. As part of the doctoral work, a surrogate model based on sparse coding was proposed, called "SESM: Sparse-encoded surrogate model", used to reconstruct and substitute functions of high evaluation cost in multiobjective optimization problems. While it is true that there are proposals for multiobjective optimization algorithms that replace expensive functions by models with low evaluation cost, the construction of such models depends on a considerable number of evaluations of the original function. Thus, SESM extends sparse coding techniques, used in applications such as image segmentation and signal processing, to generate surrogate models from a set of observed data or samples. It replaces expensive functions with surrogate models in multi-objective optimization processes, reducing the number of high-cost evaluations and contributing to the reduction in resource consumption when searching for solutions to optimization problems. The first results of SESM have been satisfactory and tested in real problems of high

evaluation cost, but its library is currently in a restricted access platform, so it is not accessible or available for use by the entire scientific community. In addition, as a result of the doctoral research, some future work was proposed as a complement and improvement to the first version of SESM. Therefore, the main contribution of this proposal is the improvement of SESM in terms of efficiency, stability, robustness, adaptability and accessibility. For this, new studies and strategies related with compressed sensing algorithms, minimization of errors adjusting parameters, objects reconstruction objects in complex spaces and clustering in spaces partition will be incorporated, to generalize and adapt them to SESM.

Key words: *surrogate models, matrix representation, efficiency, SESM, sparse encoding, optimization, multi-objective optimization, high-evaluation-cost problems.*

Proyecto 10: Evaluación de la contaminación y el riesgo por metales pesados generados por la industria cementera en Agua Caliente de Cartago

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias Naturales e Ingeniería y tecnología.

Sub área: Ciencias de la Tierra y del Ambiente, Ingeniería Ambiental.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Química

Investigador Coordinador: Guillermo Calvo Brenes.

Contacto: gcalvo@tec.ac.cr

Resumen

El material particulado en suspensión en la atmósfera (PM), es uno de los contaminantes del aire y las PM más finas están relacionados con lesiones cardiopulmonares y difusión sistémica. La fuente de este tipo de contaminante atmosférica está relacionada principalmente con actividades industriales, la fabricación de materiales de construcción y las emisiones del tránsito en carreteras. Su presencia en el aire no solo es importante por ser la causa de diferentes enfermedades en las personas, sino también porque son excelentes acumuladores y transportadores de metales pesados (MPs), que provienen de diferentes fuentes y se movilizan a través de grandes distancias por el aire. Los MPs son bioacumulables en las cadenas tróficas, son no biodegradables y representan un peligro potencial a la salud en animales, plantas y el hombre y su presencia organismo humano está asociado con afecciones de diversa índole.

Las fábricas de cemento utilizan en su proceso combustibles fósiles como fuente primaria de calentamiento; pero también sustancias líquidas combustibles y sólidos inflamables, como plásticos y llantas, con el fin de reducir su alto costo energético. Estos combustibles son fuentes importantes de contaminantes orgánicos, inorgánicos, PM y una variedad grande de MPs. Este

tipo de contaminación no es ajeno a nuestro país y los vecinos de Agua Caliente, cercanos a la fábrica de cemento HOLCIM, han reportado problemas de contaminación por más de una década, en los cuales se ha visto involucrado el Ministerio de Salud. A pesar de ello, los problemas persisten tanto para los habitantes de la zona como para los pequeños agricultores ubicados en la cercanía a la fábrica.

El objetivo de esta investigación es medir los niveles de contaminación de MPs a distintas distancias de la fábrica Holcim utilizando métodos químicos de análisis tradicionales, así como métodos proxi de bajo costo, como lo es la medición de propiedades magnéticas en biomonitores. Los resultados y experiencia obtenidos en un proyecto anterior nos confirman que el uso de plantas, polvo urbano y el suelo superficial han demostrado ser un medio adecuado para la recolección y análisis de MPs provenientes del aire. También nos permitirá determinar los diferentes niveles de riesgo que exista con relación a la distancia a la fábrica, tanto para la población urbano como para los agricultores y sus productos con contaminantes que se trasladan a la cadena alimentaria. Con estos resultados, el Ministerio de Salud tendría información pertinente que le permita un trabajo conjunto con la empresa cementera para encontrar soluciones adecuadas que reduzcan

este tipo de contaminación que atenta contra la salud humana y vegetal. Este proyecto es importante porque está relacionado con el cumplimiento de metas ODS que el país ha adquirido con organismos internacionales. Específicamente los objetivos 3, 11 y 12; sus metas 3.9, 11.6, 12.4, 12.6 y 12.8 y sus indicadores 3.9.1, 11.6.2, 12.4.1, 12.6.1 y 12.8.1.

Palabras clave: *cemento, metales pesados, propiedades magnéticas, contaminación atmosférica*

Abstract

Air pollution is one of the main problems in urban areas and human exposure to polluted air generates negative effects over time on the health of the population. Airborne particulate matter (PM) is one of the air pollutants and the finest are related to cardiopulmonary injury and systemic diffusion. The source of this type of air pollutant is mainly related to industrial activities, the manufacture of construction materials and emissions from road traffic. In the absence of industrial activities, the main source of PM is vehicle emissions. Their presence in the air is not only important for being the cause of different diseases in people, but also because they are excellent accumulators and

transporters of heavy metals (PMs), which come from different sources and move over great distances through the air. air. PMs are bioaccumulative in food chains, are non-biodegradable and represent a potential health hazard for animals, plants and humans. The presence of MPs in the human body is associated with conditions of various kinds.

Cement factories use fossil fuels as a primary source of heating in their process; but also secondary combustible liquid substances, and flammable solids such as plastics and tires, in order to reduce the high energy cost. These fuels are important sources of organic and inorganic pollutants, PM and a wide variety of PMs. This type of contamination is no stranger to our country and the residents of Agua Caliente, close to the HOLCIM cement factory, have reported contamination problems for more than a decade, in which the Ministry of Health has been involved. Despite this, the problems persist both for the inhabitants of the area and for the small farmers located in the vicinity of the factory.

The objective of this research is to measure PM contamination levels at different distances from the Holcim factory using traditional chemical analysis methods, as well as low-cost proxy methods, such as the measurement of magnetic properties in biomonitors. The use of plants, as well as urban dust and

surface soil, have proven to be a suitable medium for the collection and analysis of PMs from the air. In this way, it will be possible to determine the levels of contamination by PMs, both in the urban area and in agricultural activity. It will also allow us to determine the different levels of risk that exist in relation to the distance to the factory. With these results, the Ministry of Health would have pertinent information that allows it to work together with the cement company to find adequate solutions that reduce this type of contamination that threatens human and plant health.

Key words: *cement, heavy metals, magnetic properties*

PROYECTO 11: Producción y caracterización de biocarbonosa partir de residuos agroindustriales en la región Atlántica, con potencial de uso para la protección ambiental.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias Naturales.

Sub área: Ciencias Químicas.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Química

Participante Escuela de Química, Centro Académico de Limón

Investigador Coordinador: Dr. Federico Masis Meléndez.

Contacto: fmasis@tec.ac.cr

Resumen

La búsqueda de materiales versátiles que puedan llegar a cubrir necesidades ambientales importantes dentro de procesos agrícolas es de suma importancia a nivel mundial. En la zona Caribe de Costa Rica no es la excepción, donde una gran parte de la actividad económica está relacionada con el sector agropecuario. El biocarbón es un material con bajo costo de producción y con una amplia gama de aplicaciones agropecuarias, dentro de las que destacan la producción de mejoradores de suelos, para la remoción de contaminantes y la liberación lenta de nutrientes. Además, de que la elaboración de los biocarbones permite la valorización de residuos que se generan dentro de los mismos sistemas productivos y, por sus características fisicoquímicas como material adsorbente se convierte en una alternativa viable dentro de la región. Algunos biocarbones podrían servir como adsorbentes de plaguicidas, evitando que parte de ellos sean arrastrados en aguas residuales hacia suelos y cuerpos de agua. El objetivo del proyecto es la evaluación de biocarbón de origen agrícola, para su potencial utilización en la zona Huetar Atlántica en aplicaciones de control ambiental. Esto con el fin de producir un material que tenga un valor agregado para la comunidad, desde la perspectiva agroambiental, generando conocimientos

valiosos que se puedan integrar en etapas posteriores dentro de los procesos productivos de cada emprendimiento de esta zona ya que mucho del conocimiento generado a nivel nacional ha estado dirigido hacia otras regiones del país. En Costa Rica, ha existido un crecimiento en el uso de plaguicidas durante los últimos años, siendo considerado como uno de los mayores importadores de estos, desde 1997. La zona Caribe es un consumidor de plaguicidas importante, y grandes cantidades han sido encontrados tanto en el suelo como cuerpos de agua (Chaves et al., 2007; Vindas et al., 2014; Echeverría-Sáenz et al., 2012). Por esto, la utilización de alternativas eco amigables y de bajo costo es importante para combatir la presencia de estos productos en el ambiente, por lo que la alternativa de la utilización de biocarbones como opción a la resolución de esta problemática, resulta ser una opción sumamente atractiva para evaluar.

Palabras clave: *Bicarbones, Residuos, Remoción de contaminante, Sustentabilidad, Zona Caribe.*

Abstract

The search for versatile materials that can help to solve important environmental needs within agricultural processes is

of high importance worldwide. The Caribbean area of Costa Rica is no exception, where a large part of the economic activity is related to the farming sector. Biochar is a material with low production cost and a wide range of agricultural applications, among which the production of soil improvers, removal of pollutants and the slow release of nutrients. In addition, the production of biochar allows the recovery of waste generated within the same production systems and, due to its physicochemical characteristics as an adsorbent material, becomes a viable alternative within the region. The objective of the project is the evaluation of biochar of agricultural origin, for its potential use in the Huetar Atlántica zone, in environmental control applications. This in order to produce a material that has an added value for the community, from the agroenvironmental perspective, using it as a pollutant removal agent and generate valuable knowledge that can be integrated in later stages within the productive processes of each undertaking in this area, since much of the knowledge generated at the national level has been directed towards other regions of the country. In Costa Rica, there has been a growth in the use of pesticides in recent years, being considered one of the largest importers of these material, since 1997. The Caribbean area is an important consumer of pesticides, and large amounts have been found both in the soil

as water sources (Chaves et al., 2007; Vindas et al., 2014; Echeverría-Sáenz et al., 2012). For this reason, the use of eco-friendly and low-cost alternatives is important to combat the presence of these products in the environment, so the alternative of using biochar as an option to solve this problem turns out to be an extremely attractive to evaluate.

Key words: *Biochar, Residues, Contaminant removal, Sustainability, Caribbean Zone.*

PROYECTO 12: Evaluación de contaminación orgánica e inorgánica en ambientes acuáticos y su impacto en el riesgo para producir cianotoxinas generadas por cianobacterias (ARCAL CLXXVIII).

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2025.

Área: Ciencias Naturales e Ingeniería y tecnológica.

Sub área: Ciencias Biológicas, Ciencias de la Tierra y del Ambiente, Ciencias Químicas, Ingeniería Ambiental y Otras Ingenierías y Tecnologías.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Química

Investigador Coordinador: Dr. Federico Masis Meléndez.

Contacto: fmasis@tec.ac.cr

Resumen

El proyecto tiene como objetivo fortalecer la gobernanza y la gestión sostenible de ríos, lagos y embalses en América Latina y el Caribe (ALC) mediante la mejora de las capacidades regionales de equipos multidisciplinarios de profesionales, junto con el apoyo de las instituciones ambientales gubernamentales nacionales de ALC, en la evaluación de la calidad del agua (contaminantes inorgánicos) y el estado trófico (contaminantes orgánicos e inorgánicos) en áreas de interés, con un enfoque en floraciones de algas nocivas cianobacterias (CyanoHABs) para mejorar la identificación de cianobacterias mediante técnicas microscópicas y moleculares. El papel de las tecnologías nucleares se centra en la determinación de las fuentes de contaminantes inorgánicos (nitratos y fosfatos) en el agua, utilizando la caracterización isotópica estable, y la cuantificación de cianotoxinas (contaminantes orgánicos naturales), utilizando la técnica de ensayo de unión radioligando-receptor (R-RBA). Dichas acciones generarán informes de evaluación sobre el impacto de contaminantes antropogénicos y naturales con la ayuda de técnicas nucleares que cumplan con una de las metas del Perfil Estratégico Regional (DER) para ALC para 2016-2021, en el contexto del Acuerdo de Cooperación Regional para la Promoción de la

Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL), e informes nacionales para el Indicador 6.3.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Proporción de agua con buena calidad ambiental) en el Nivel 1 y Nivel 2 de manera armonizada, con parámetros intercomparables y bases de datos de resultados, presentados en un sitio web de cianobacterias tóxicas en la región y un mapa interactivo de la calidad del agua y la evaluación del estado trófico en los RBD estudiados que conducirá a una mejor comprensión de la ocurrencia de CyanoHABs en ALC y eventualmente, a la generación de leyes o regulaciones apropiadas para el manejo sostenible de los cuerpos de agua superficiales de la región.

Palabras clave: *Isótopos, cianobacterias, cianotoxinas, agua superficial.*

Abstract

The project aims to strengthen the governance and sustainable management of rivers, lakes, and reservoirs in Latin America and the Caribbean (LAC) by enhancing regional capabilities of multidisciplinary teams of professionals, along with the support of national governmental environmental institutions from LAC,

in the assessment of water quality (inorganic contaminants) and trophic state (organic and inorganic contaminants) in areas of interest, with an approach in cyanobacterial harmful algal blooms (CyanoHABs) for improving the identification of cyanobacteria by microscopic and molecular techniques. The role of nuclear technologies is focused on the determination of the sources of inorganic contaminants (nitrates and phosphates) in water, using stable isotopic characterization, and the quantification of cyanotoxins (organic natural contaminants), using the radioligand–receptor binding assay (R–RBA) technique. Those actions will generate evaluation reports on the impact of anthropogenic and natural pollutants with the help of nuclear techniques that comply with one of the goals from the Regional Strategic Profile (RSP) for LAC for 2016–2021, in the context of the Regional Cooperation Agreement for the Promotion of Nuclear Science and Technology in Latin America and the Caribbean (ARCAL), and national reports for Sustainable Development Goal (SDG) Indicator 6.3.2 (Proportion of water with good ambient water quality) in Level 1 and Level 2 in a harmonized way, with intercomparable parameters and databases of results, presented in a website of toxic cyanobacteria in the region and an interactive map of the water quality and trophic state assessment in the studied RBDs

that will lead to a better understanding of the occurrence of CyanoHABs in LAC and eventually, to the generation of appropriate laws or regulations for the sustainable management of the superficial water bodies of the region.

Key words: *Isotopes, cyanobacteria, cyanotoxins, surface wáter.*

PROYECTO 13: Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación por metales pesados en zonas urbanas de Cartago.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias Naturales e Ingeniería y tecnología.

Sub área: Computación y Ciencias de la Información, Ciencias de la Tierra y del Ambiente e Ingeniería Ambiental.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Química

Investigador Coordinador: MSc. Teresa Salazar.

Contacto: tsalazar@tec.ac.cr

Resumen

La contaminación urbana constituye uno de los principales problemas en las ciudades de todo el mundo. Entre sus principales contaminantes se encuentran los metales pesados (MPs), los cuales representan una de las problemáticas de mayor interés por sus efectos tóxicos e inclusión en las cadenas tróficas afectando gravemente la salud humana y la calidad del ambiente. Esto debido a que su ciclo biogeoquímico natural ha sido alterado gravemente debido a los aportes antrópicos incontrolados (industria, tráfico, uso de pesticidas y fertilizantes, etc). Los metales pesados (MPs), se encuentran absorbidos en material particulado suspendido en el aire y en los suelos. La evaluación de la contaminación por metales pesados es un procedimiento costoso por métodos tradicionales de muestreo y análisis químico; por lo tanto, el uso de propiedades magnéticas de monitores, las hojas de las plantas y el suelo representan una opción económica y efectiva para identificar los MPs presentes en el medio. Este estudio pretende identificar zonas de vulnerabilidad por contaminación por metales pesados en la zona urbana de Cartago, para ello se estaría realizando un muestreo sistemático de suelo y plantas en época seca. Las plantas utilizadas serían la Casuarina equisetifolia y Cupressus lusitanica especies para las cuales se cuenta con

modelos predictivos de concentración de metales pesados a partir de propiedades magnéticas de estudio realizado previamente. A las muestras se les estaría determinando las propiedades de susceptibilidad magnética másica (χ_{lf}) y susceptibilidad dependiente de la frecuencia ($\chi_{fd}\%$), Posteriormente utilizando análisis ordinario de Kriging (OK), se estarán obteniendo mapas de distribución de las propiedades magnéticas que correlacionados a los mapas poblacionales permitirán identificar la vulnerabilidad de la población de la zona urbana de Cartago a la contaminación por metales pesados. También se calcularán dos índices de contaminación: el Factor de Contaminación (FC) y el Índice de Carga de Contaminación (PLI, en inglés).

Palabras clave: *propiedades magnéticas, mapas de distribución, vulnerabilidad, metales pesados, biomonitor, suelo.*

Abstract

Urban pollution is one of the main problems in cities around the world. Among the main pollutants are heavy metals (HMs), which represent one of the problems of greatest interest due to

their toxic effects and their inclusion in the trophic chains, seriously affecting human health and the quality of the environment. Their natural biogeochemical cycle has been seriously altered due to uncontrolled anthropogenic inputs (industry, traffic, use of pesticides and fertilizers, etc.). HMs are absorbed in particulate matter suspended in the air and in soils. The assessment of heavy metal contamination is a costly procedure by traditional methods of sampling and chemical analysis; therefore, the use of magnetic properties of monitors, plant leaves and soil, represents an economical and effective option to identify PMs present in the environment. This study aims to identify areas of vulnerability to heavy metal contamination in the urban area of Cartago, for which a systematic sampling of soil and plants during the dry season would be carried out. The plants used would be *Casuarina equisetifolia* and *Cupressus lusitanica*, species for which there are predictive models of heavy metal concentration based on magnetic properties from a previous study. The samples will have their mass magnetic susceptibility (χ_{lf}) and frequency-dependent susceptibility ($\chi_{fd}\%$) properties determined. Subsequently, using ordinary Kriging analysis (OK), distribution maps of the magnetic properties will be obtained, which correlated to the population maps, will allow identifying the

vulnerability of the population of the urban area of Cartago to heavy metal contamination. Two contamination indices will also be calculated: The Contamination Factor (CF) and the Pollution Load Index (PLI).

Key words: *magnetic properties, distribution maps, vulnerability, heavy metals, contamination index, biomonitor, soil.*

PROYECTO 14: Relación entre hábitos de estudio, autoeficacia y autorregulación metacognitiva y el rendimiento académico en los cursos de formación matemática matriculados por estudiantes de primer ingreso a carreras de ingeniería del ITCR.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2023.

Área: Ciencias Sociales.

Sub área: Ciencias de la Educación.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ciencias Sociales

Participante Escuela de Matemática
Centro de Desarrollo Académico

Investigador Coordinador: Dra. Martha Calderón Ferrey.

Contacto: micalderon@tec.ac.cr

Resumen

Históricamente los cursos de matemática general en educación superior se han caracterizado por altos niveles de reprobación, esta realidad no es distinta para los cursos introductorios de matemática en el TEC. Esta institución ha realizado esfuerzos significativos para atender esta problemática, no obstante, la situación de bajo rendimiento académico sigue siendo un problema vigente y relevante. Existen propuestas teóricas que explican cómo variables personales y sociales repercuten en los procesos cognitivos y motivacionales del estudiantado, lo cual a su vez tiene repercusiones importantes en el rendimiento académico. En este contexto, el objetivo de este estudio es comprender cómo las variables hábitos de estudio, autoeficacia y autorregulación metacognitiva inciden en rendimiento académico de estudiantes de primer ingreso a las carreras de ingeniería del ITCR que matriculan los cursos de Matemática General y Matemática Elemental. El análisis de los resultados del estudio se realizará a través de estadística paramétrica y no paramétrica, así como a través de la realización de un modelo por ecuaciones estructurales. Estos resultados permitirán tomar decisiones a nivel psicopedagógico e interpersonal para reforzar los procesos de aprovechamiento académico en la institución, además, contribuirá con la comunidad científica en

cuanto a la comprensión de modelos teóricos validados empíricamente.

Palabras clave: *Hábitos de estudio, Autoeficacia, Autorregulación metacognitiva- Desempeño académico- Cursos de matemática.*

Abstract

Historically, students of general mathematics courses in higher education institutions have presented high failures rates. This reality is not different for introductory mathematics courses at ITCR. This institution has made significant efforts to address this issue; however, low academic performance continues to be a current and relevant problem. There are theoretical proposals that explain how personal and social variables affect the cognitive and motivational processes of the students, which in turn has significant repercussions on academic performance. In this context, the objective of this study is to understand how the variables of study habits, self-efficacy, and metacognitive self-regulation affect the academic performance of first-year ITCR engineering students who enroll in General Mathematics and Elementary Mathematics courses. The analysis of results will be

carried out through parametric and non-parametric statistics, as well as through the realization of a Structural Equation Model. These results will allow the institution to make decisions at psycho-pedagogical and interpersonal levels, reinforce the processes of academic achievement in the institution, and contribute to the scientific community in terms of understanding empirically validated theoretical models.

Key words: Study habits, Self-efficacy, Metacognitive self-regulation, academic performance-Math courses.

PROYECTO 15: Influencia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la actitud positiva hacia al aprendizaje del Derecho en estudiantes de Ingeniería

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 30 de Julio del 2023.

Área: Ciencias Sociales.

Sub área: Ciencias de la Educación.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ciencias Sociales

Participante Escuela de Matemática

Investigador Coordinador: Dra. Martha Calderón Ferrey.

Contacto: micalderon@tec.ac.cr

Resumen

La práctica docente en el curso Relaciones Laborales, vivenciada por dos de los investigadores proponentes, ha mostrado que la mayoría del estudiantado manifiesta apatía hacia el proceso de aprendizaje del derecho. Este hecho, detectado a lo largo de varios semestres, ha generado el interés de identificar metodologías de aprendizaje que puedan incidir en el incremento de la actitud hacia el aprendizaje del derecho en estudiantes de las carreras de ingeniería del TEC. Experiencias de investigación, como las desarrolladas por Morales (2009), Torres, Carlos y Rojas (2018) y Luy-Montejo (2019), han puesto de manifiesto que el aprendizaje basado en problemas (ABP) tiene la capacidad de incrementar actitudes en el estudiantado. Por ello surge el interés de estudiar científicamente, mediante una investigación cuantitativa de tipo cuasiexperimental, si esta metodología influencia el incremento de la actitud hacia el aprendizaje del derecho en el curso Relaciones Laborales. La investigación que se propone desarrolla dos cuasiexperimentos de manera paralela, con la intención de aislar el efecto de las características del docente. La investigación es concordante con las políticas generales 8 y 9 y con el acuerdo del IV Congreso Institucional que plantea la conveniencia del desarrollo de la investigación educativa.

Tiene, además, el potencial de vincular actividades de investigación con el fortalecimiento de la docencia.

Palabras clave: *Actitud hacia el aprendizaje del derecho, aprendizaje basado en problemas*

Abstract

The teaching process in the employment relationship course, experienced by two of the proposing researchers, has shown that most of the student body shows apathy towards the process of learning Law. This fact, detected over several semesters, has generated interest in identifying learning methodologies that can influence and increase the willingness towards the learning of law on students coursing different engineering careers in the ITCR. Researchers' experiences, such as those acquired by Morales (2009), Torres, Carlos and Rojas (2018) and Luy-Montejo (2019), have shown that problem-based learning (PBL) has the ability to increase willingness on the students. For this reason, the interest arises to study scientifically, through a quasi-experimental quantitative investigation, if this methodology influences the increase on the willingness towards the learning of law in the employment relationship course. The

proposed research develops two quasi-experiments in parallel, with the intention of isolating the effect of the teacher's characteristics. The research is in accordance with general policies 8 and 9 and with the agreement of the IV Institutional Congress that raises the convenience of developing educational research. It also has the potential to link research activities with the strengthening of teaching.

Key words: *Attitude towards law learning, problem-based learning.*

PROYECTO 16: INNOrganic: INNovation in ORGANIC study models for preclinical testing Fase I (GI)*: Prueba de concepto en la modelación de un sistema digestivo invitro en un sistema organ-on-a-chip.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias Médicas y de la Salud.

Sub área: Biotecnología de la Salud.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de biología

Participante Escuela de Ingeniería en Electrónica
Escuela de Ciencia e Ingeniería de los materiales

Investigador Coordinador: Dra. Carolina Centeno Cerdas.

Contacto: ccenteno@tec.ac.cr

Resumen

Las investigaciones tradicionales que pretenden recrear o desarrollar estrategias para modificar la biología humana tienden a centrarse en un órgano o tejido diana, por lo que se omite el efecto sistémico y la transformación secuencial que puede darse en las moléculas al interactuar con diferentes órganos. La tecnología de “Organ-on-a-chip” se refiere a un sistema biomimético fisiológico que simula el microambiente celular en términos de interfaces tisulares y estimulación mecánica, generando resultados más confiables que los cultivos 2D y los modelos animales, lo que además presenta ventajas éticas al prescindir o minimizar el uso de animales de laboratorio. Se trata de una tecnología disponible en muy pocos lugares en el mundo, y que permite acelerar la caracterización y desarrollo de sustancias con potenciales beneficios para la salud humana, a nivel nutricional y biomédico, aportando al eje de conocimiento institucional “Salud”. Esto es importante puesto que además contribuye a la implementación de tecnologías y servicios que impactarán en actividades de docencia y venta de servicios que realiza la institución en sus diversas modalidades, así como a fortalecer los departamentos de investigación y desarrollo de industrias biomédicas (de

equipos, dispositivos y farmacológicas) establecidas en Costa Rica.

Palabras clave: *organ-on-a-chip, digestión, metabolismo, absorción, biodisponibilidad.*

Abstract

Traditional research that aims to recreate or develop strategies to modify human biology tends to focus on a target organ or tissue, thus omitting the systemic effect and sequential transformation that can occur in molecules when interacting with different organs. Organ-on-a-chip technology refers to a physiological biomimetic system that simulates the cellular microenvironment in terms of tissue interfaces and mechanical stimulation, generating more reliable results than 2D cultures and animal models, which also presents ethical advantages by dispensing with or minimizing the use of laboratory animals. This technology is available in very few places in the world, and allows accelerating the characterization and development of substances with potential benefits for human health, at a nutritional and biomedical level, contributing to the institutional knowledge axis (goal) "Health". This is important because it also

contributes to the implementation of technologies and services that will empower teaching, training, research-outsourcing services, and other activities carried out by the institution in its various modalities, as well as strengthening the research and development departments of biomedical industries (equipment, devices and pharmacological) established in Costa Rica.

Key words: organ-on-a-chip, digestion, metabolism, absorption, bioavailability.

PROYECTO 17: Caracterización molecular nivel nuclear y plastidial de especies medicinales asociadas al tratamiento de la diabetes.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias Agronómicas.

Sub área: Biotecnología Agrícola.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: M.Sc. Catalina Rosales López.

Contacto: crosales@tec.ac.cr

Resumen

La Organización Mundial de la Salud (OMS), considera a la diabetes como una epidemia y se estima que será la séptima causa de defunción para el 2030. En Costa Rica, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2.267 personas perdieron la vida en el 2020 producto de la Diabetes mellitus, un 32.6% más que los 1.709 decesos registrados en el 2019 relacionados con esta enfermedad. El Ministerio de Salud en el 2019, reportó 12.262 personas con Diabetes mellitus, dando un promedio de 33 personas diagnosticadas diariamente en nuestro país. Para controlar la diabetes, los médicos recomiendan medicamentos orales hipoglucemiantes, suministro de insulina en forma subcutánea, modificar la dieta y hacer ejercicio. Pero muchos de estos medicamentos ocasionan efectos secundarios, entonces la población recurre a remedios caseros o plantas medicinales. Se ha determinado que Justicia spicigera (conocida comúnmente como insulina) es una planta utilizada para el tratamiento de la diabetes y se le considera promisorio para el desarrollo de nuevas terapias para Diabetes mellitus tipo 2 (Ortiz-Andrade, R. et al, 2012). Adicionalmente, el género Kalanchoe presenta propiedades hipoglicemiantes. En nuestro país existen diferentes especies entre ellas: K. pinnata, K. blossfeldiana y la K. daigremontiana,

las cuales, según la literatura, son consideradas hierbas medicinales reportando su capacidad antidiabética y otros efectos terapéuticos (Prasad et al 2012; Verma et al, 2015; Puertas-Mejía et al, 2014). Pero, actualmente no existe un sistema eficiente para la correcta identificación de estas plantas que se consumen en la medicina tradicional. Por lo que esta propuesta pretende confirmar por medio de pruebas más específicas, la caracterización molecular de las tres especies de *Kalanchoe* y de *Justicia spicigera* colectadas en nuestro país. Además, se busca estudiar las regiones moleculares *matK*, *rbcL*, *rpoB* y *rpoC1* en *K. pinnata*, con el fin de generar un “barcoding” de ADN que permita diferenciarla con otras especies del mismo género, ya que no existe ninguna secuencia reportada utilizando estos marcadores genéticos, por lo que el presente proyecto sería el primero a nivel mundial en generar dicha información.

Palabras clave: *Justicia spicigera*, *Diabetes mellitus*, *Kalanchoe*, *barcoding*, *matK*, *ADN*, *mitochondrial*.

Abstract

The World Health Organization (WHO) considers diabetes an epidemic and it is estimated that it will be the seventh cause of

death by 2030. In Costa Rica, according to data from the National Institute of Statistics and Censuses, 2,267 people lost their lives in 2020 as a result of Diabetes mellitus, 32.6% more than the 1,709 deaths registered in 2019 related to this disease. The Ministry of Health in 2019 reported 12,262 people with Diabetes mellitus, giving an average of 33 people diagnosed daily in our country. To control diabetes, doctors recommend oral hypoglycemic medications, subcutaneous insulin delivery, diet modification, and exercise. But many of these drugs cause side effects, so the population resorts to home remedies or medicinal plants. It has been determined that *Justicia spicigera* (commonly known as insulin) is a plant used for the treatment of diabetes and is considered promising for the development of new therapies for type 2 Diabetes mellitus (Ortiz-Andrade, R. et al, 2012). Additionally, the *Kalanchoe* genus has hypoglycemic properties. In our country there are different species among them: *K. pinnata*, *K. blossfeldiana* and *K. daigremontiana*, which, according to the literature, are considered medicinal herbs, reporting their antidiabetic capacity and other therapeutic effects (Prasad et al 2012; Verma et al, 2015; Puertas-Mejía et al, 2014). But, currently there is no efficient system for the correct identification of these plants that are consumed in traditional medicine. Therefore, this proposal aims to confirm,

through more specific tests, the molecular characterization of the three species of Kalanchoe and Justicia spicigera collected in our country. In addition, it is sought to study the molecular regions matK, rbcL, rpoB and rpoC1 in K. pinnata, in order to generate a DNA "barcoding" that allows it to be differentiated from other species of the same genus, since there is no sequence reported using these genetic markers, so this project would be the first in the world to generate such information.

Key words: *Justicia spicigera*, *Diabetes mellitus*, *Kalanchoe*, *barcoding*, *matK*, *ADN*, *mitochondrial*.

PROYECTO 18: Determinación del potencial hipoglicémico de *Kalanchoe pinnata*, mediante un modelo agudo vs crónico en ratas diabéticas.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias médicas y de la salud.

Sub área: Biotecnología de la Salud.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Catalina Rosales López.

Contacto: crosales@tec.ac.cr

Resumen

La diabetes es considerada una epidemia, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuya prevalencia va en aumento, principalmente en países de ingresos bajos y medianos y se estima que será la séptima causa de defunción para el 2030. El Ministerio de Salud en el 2019, reportó 12.262 personas con Diabetes mellitus, dando un promedio de 33 personas diagnosticadas diariamente en nuestro país. Se encuentra entre las cinco primeras causas de defunción en con 2.203 muertes en el 2020 (INEC, 2020). Para controlar la diabetes los médicos recomiendan medicamentos orales o insulina en forma subcutánea, modificar la dieta y hacer ejercicio. Pero una de las mayores limitantes es que estos medicamentos a menudo son poco eficaces, ocasionan efectos secundarios y no son accesibles por su alto costo. Por lo que muchos pacientes utilizan productos naturales. El género de plantas suculentas *Kalanchoe* spp (“hoja de aire”), forma parte de la familia de las Crassulaceae, en muchos hogares crecen de forma silvestre o se compran como ornamental, dada la moda por las suculentas. Es conocida en otros países por ser una fuente rica en agentes terapéuticos para la prevención de muchas enfermedades, y también como “insulina”, pues se menciona su capacidad de reducir los niveles de glucosa en

sangre, al consumir las hojas frescas o en infusión. En una investigación previa, la especie *K. pinnata* mostró alta actividad antioxidante, presencia de compuestos fenólicos (flavonoides), macroelementos y microelementos, alta inhibición de la enzima α -amilasa, que junto con las pruebas in vivo, evidenciaron su actividad hipoglicemiante en un modelo agudo en ratas sanas. Por esta razón, se pretende confirmar por medio de pruebas más específicas, utilizando modelos crónicos y agudos en ratas diabéticas, la capacidad hipoglicemiante del extracto estandarizado de hojas de *K. pinnata*.

Palabras clave: *K. pinnata*, modelos crónicos, modelos agudos, Diabetes, hipoglicemiantes, ratas diabéticas.

Abstract

Diabetes is considered an epidemic, according to the World Health Organization (WHO), whose prevalence is increasing, mainly in low and middle income countries and it is estimated that it will be the seventh cause of death by 2030. The Ministry of Health in 2019 reported 12,262 people with Diabetes mellitus, giving an average of 33 people diagnosed daily in our country. It is among the five leading causes of death with 2,203 deaths in 2020 (INEC, 2020). To control diabetes, doctors recommend

oral medications or insulin subcutaneously, modify diet and exercise. But one of the biggest limitations is that these medications are often ineffective, cause side effects and are not accessible because of their high cost. So many patients use natural products. The genus of succulent plants *Kalanchoe* spp ("leaf of air"), is part of the family of Crassulaceae, in many homes grow wild or are purchased as ornamental, given the fashion by the succulents. It is known in other countries for being a rich source of therapeutic agents for the prevention of many diseases, and also as "insulin", because its ability to reduce blood glucose levels is mentioned when consuming fresh or infused leaves. In the first stage of this investigation, the species *K. pinnata* showed high antioxidant activity, presence of phenolic compounds (flavonoids), macroelements and microelements, high inhibition of the enzyme α -amylase, which together with in vivo tests showed its hypoglycemic activity in an acute model in healthy rats. In this second stage, we intend to confirm by means of more specific tests, using chronic and acute models in diabetic rats, the hypoglycemic capacity of the standardized leaf extract of *K. pinnata*.

Key words: *K. pinnata*, chronic models, acute models, Diabetes, hypoglycemic agents, diabetic.

PROYECTO 19: Establecimiento de una estrategia de cultivo invitro de Cannabis sativa en Saccharomyces cereviceae para la producción de fibra y cannabinoides (CBD, CBG).

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias Naturales y Ciencias agronómicas.

Sub área: Ciencias Biológicas y Biotecnología Agrícola.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Participante Escuela de Agronomía

Investigador Coordinador: M.Sc. Giovanni Garro Monge.

Contacto: ggarro@tec.ac.cr

Resumen

El cáñamo (*Cannabis sativa*) se caracteriza por su capacidad de sintetizar más de 90 tipos diferentes de fitocannabinoides. Por muchos años se ha consumido con fines medicinales, espirituales, culturales y recreativos. El cultivo de cáñamo para la extracción de cannabinoides presenta varios desafíos, principalmente debido a su diversidad genética y fitoquímica. Técnicas de cultivo de tejidos in vitro usando diferentes explantes y reguladores de crecimiento se han realizado, sin embargo, aún existen varios desafíos que superar. El desarrollo de la ingeniería genética puede mejorar el rendimiento de la biosíntesis de diferentes cannabinoides mediante el uso de microorganismos para la producción heteróloga. El Congreso de Costa Rica aprobó, en segunda roda el proyecto con EXPEDIENTE N.º 21.388, que permite la legalización del cultivo de cannabis medicinal y cáñamo industrial. Por esta razón se abre la oportunidad para que el país implemente la tecnología necesaria para el cultivo de variedades de Cannabis sativa relacionadas con la producción de fibra y compuestos de uso medicinal. La presente propuesta pretende, por un lado, establecer un modelo de cultivo in vitro a escala industrial y en cámaras aclimatizadas de diferentes variedades de cáñamo, para así obtener variedades adaptadas a distintos climas y

condiciones del país. Con los resultados obtenidos se podrán generar insumos para que los productores generen mayores rendimientos en la producción de cáñamo. Por otra parte, de forma alterna y paralela se desarrollará un sistema sintético de producción de cannabinoides en lavaduras. De esta manera se podrá obtener compuestos puros como CBD y CBG, evitando los problemas de contaminación con otros compuestos de poco interés comercial como THC. Con estos resultados se podría generar compuestos de alto valor de una manera más eficiente, pura y económica.

Palabras clave: Fitocannabinoides, cámaras aclimatizadas, biología sintética, cáñamo.

Abstract

Hemp (*Cannabis sativa*) has been consumed for medicinal, spiritual, cultural and recreational purposes; and is characterized by its ability to synthesize more than 90 different types of phytocannabinoids. The cultivation of hemp for cannabinoid extraction presents several challenges, mainly due to its genetic and phytochemical diversity. In vitro tissue culture techniques using different explants and growth regulators have

been performed, however, there are still several challenges to overcome. The development of genetic engineering can improve the yield of biosynthesis of different cannabinoids by using microorganisms for heterologous production. The Costa Rican Congress approved, in a second and final vote, the legalization of medical cannabis and industrial hemp, which is why the country will require technology and material related to the cultivation of hemp in the country. The present proposal intends, on the one hand, to establish a model of in vitro cultivation and in acclimatized chambers of different varieties of hemp, to obtain varieties adapted to different climates and conditions. With the results obtained, it will be possible to generate inputs for producers to generate higher yields in hemp production. On the other hand, a synthetic system to produce cannabinoids in washes will be developed, to obtain pure compounds such as CBD and CBG, avoiding contamination problems with other compounds of little commercial interest such as THC. With these results, high value compounds could be generated in a more efficient, pure and economical way.

Key words: *Phytocannabinoids, acclimatized chambers, synthetic biology, hemp.*

PROYECTO 20: Implementación de un protocolo para la identificación de Organismos Genéticamente Modificados en Piña Rosé, algodón y soya de interés comercial de Costa Rica.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias Agronómicas.

Sub área: Biotecnología Agrícola.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Ing . Luis Alfredo Barboza Fallas.

Contacto: lubarboza@tec.ac.cr

Resumen

Con el desarrollo de la Biotecnología, y mediante el uso de la ingeniería genética, se ha logrado la manipulación y transferencia de genes entre organismos vivos de diferentes especies. Todo este proceso es llevado a cabo mediante la aplicación de numerosas técnicas que han contribuido de forma importante al desarrollo de la humanidad. Sin embargo, en el caso particular de los productos obtenidos por medios biotecnológicos, se requiere incrementar el rigor científico para garantizar la inocuidad y seguridad de estos compuestos que son utilizados como alimentos, principios activos de medicamentos, o bioproductos capaces de interactuar con el medio ambiente. En Costa Rica se han encontrado semillas y plantas de algodón en jardines y orillas de caminos, así como motas de algodón en nidos de aves y en lugares cercanos a terrenos autorizados para la siembra de algodón transgénico. Sin embargo, no existen estudios formales de monitoreo de campo que confirmen que estas semillas y plantas provengan de variedades de algodón GM. Se ha evidenciado a nivel nacional la necesidad de generar protocolos para la detección de otros eventos o cultivos que se producen actualmente en nuestro país y que pueden estar contaminando cultivos autóctonos. Autoridades como el Servicio Fitosanitario del

Estado y productores agrícolas necesitan protocolos optimizados y validados para realizar monitoreos continuos verificando que no se haya presentado escape de material propagativo de cultivos agrícolas genéticamente modificados fuera de las áreas autorizadas. La presente propuesta pretende establecer y optimizar un protocolo de identificación de Organismos Genéticamente Modificados en cultivos de soya, algodón y Piña Rosé de interés comercial en nuestro país. Con los resultados obtenidos el TEC podría contar con protocolos y metodologías adaptadas a la necesidad nacional para la detección de cultivos genéticamente modificados. Al obtener estas metodologías la institución podría realizar venta de servicios a instituciones gubernamentales, empresas privadas, productores, entre otros.

Palabras clave: *OGMs, Transgénicos, Real Time-PCR, producción agropecuaria sostenible, contaminación genética.*

Abstract

With the development of Biotechnology, and through the use of genetic engineering, the manipulation and transfer of genes between living organisms of different species has been

achieved. This whole process is carried out through the application of numerous techniques that have contributed significantly to the development of mankind. However, in the particular case of products obtained by biotechnological means, it is necessary to increase scientific rigor to guarantee the safety and security of these compounds that are used as food, active ingredients of medicines, or bioproducts capable of interacting with the environment. In Costa Rica, cotton seeds and plants have been found in gardens and roadsides, as well as cotton motes in birds' nests and in places close to land authorized for transgenic cotton planting. However, there are no formal field monitoring studies to confirm that these seeds and plants come from GM cotton varieties. The need to generate protocols for the detection of other events or crops that are currently produced in our country and that may be contaminating native crops has become evident at the national level. Authorities such as the State Phytosanitary Service and agricultural producers need optimized and validated protocols for continuous monitoring to verify that there has been no escape of propagative material of genetically modified agricultural crops outside authorized areas. This proposal aims to establish and optimize a protocol for the identification of Genetically Modified Organisms in soybean, cotton and Pineapple Rosé crops of commercial interest in our

country. With the results obtained, the TEC could have protocols and methodologies adapted to the national need for the detection of genetically modified crops. By obtaining these methodologies, the institution could sell services to governmental institutions, private companies, producers, among others.

Key words: *GMOs, Transgenics, Real Time-PCR, sustainable agricultural production, genetic contamination.*

PROYECTO 21: Aprovechamiento de residuos de cascarilla de arroz para la producción de xilitol mediante biología sintética.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ingeniería y Tecnología.

Sub área: Biotecnología Ambiental.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Dra. Montserrat Jarquín Cordero.

Contacto: mocordero@tec.ac.cr

Resumen

El xilitol es un poliol de azúcar que se ha utilizado en la industria alimentaria como un edulcorante de bajo contenido calórico utilizado en productos como pasta de dientes, goma de mascar, enjuague bucal y spray nasal. La cascarilla de arroz es un residuo agroindustrial que contiene celulosa, la cual se puede metabolizar en xilosa y glucosa; la xilosa a su vez puede ser metabolizada en xilitol mediante el uso de microorganismos, reingenierizados para poder procesar este residuo y utilizarlo como sustrato, siendo esta una opción más segura y respetuosa con el medio ambiente. Por lo que esta propuesta sugiere utilizar la bacteria *Pseudomonas putida*, y transformarla para que pueda aprovechar la cascarilla de arroz como fuente de carbono y así generar xilitol. *P. putida* es una bacteria saprófita del suelo, metabólicamente versátil, de rápido crecimiento y fácil manejo en el laboratorio, con la capacidad de utilizar desechos orgánicos en ambientes aeróbicos, desempeñando así un papel clave en el mantenimiento de la calidad ambiental. No se conocen cepas de *P. putida* que sean patógenos de plantas o animales, y esta especie saprófita se considera inocua para el medio ambiente. Además, en el laboratorio de Biología Sintética del Centro de Investigación en Biotecnología del Tecnológico de Costa Rica, ya se cuenta con

una cepa de *P. putida* modificada para que no produzca flagelos, la cual, luego de realizar los estudios bioinformáticos y una vez sintetizadas las piezas genéticas, será transformada por electroporación, la misma será verificada por métodos moleculares como PCR; además, se verificará la producción de Xilitol mediante HPLC. Es así que el objetivo de esta investigación es rediseñar genéticamente la bacteria *Pseudomonas putida*, mediante biología sintética de modo que sea capaz de generar xilitol utilizando xilosa como fuente de carbono.

Palabras clave: *Pseudomonas putida*, residuos agroindustriales, xilanasas, celulasas.

Abstract

Xylitol is a sugar polyol that has been used in the food industry as a low-calorie sweetener, used in products such as toothpaste, chewing gum, mouthwash, and nasal spray. Rice husk is an agroindustrial residue containing cellulose, which can be metabolized into xylose and glucose. However, Xylose can be metabolized into xylitol by microorganisms. This microorganism should be engineered to use xylose as a substrate, making the process a safer and environmentally

friendly option for waste management. The present work pretends to use the bacterium *Pseudomonas putida* and transform it, to take advantage of the rice husk as a carbon source to generate xylitol. *P. putida* is a metabolically versatile, fast-growing, and easy-to-handle soil saprophytic bacteria in the laboratory. This bacteria can use organic waste in aerobic environments, thus playing a key role in maintaining environmental quality. Moreover, no known strains of *P. putida* are pathogenic to plants or animals, and this saprophytic species is considered harmless to the environment. Additionally, there is already a modified strain of *P. putida* (which does not produce flagella) in the Synthetic Biology laboratory of the Biotechnology Research Center at Costa Rica Technology Institute. The first step is to perform bioinformatics studies of the strain and synthesize the genetic pieces, then transform them by electroporation. After that, verify it by molecular methods such as PCR. In addition, the production of Xylitol will be verified by Mass chromatography. Thus, the objective of this research is to redesign genetically the bacteria *Pseudomonas putida*, by synthetic biology to generate xylitol using rice husk as a carbon source.

Key words: *Pseudomonas putida*, agro-industrial waste, xylanases, cellulases.

PROYECTO 22: Producción biotecnológica de dos variedades comerciales de fresa (Fragaria × ananassa) y fortalecimiento de las capacidades para su manejo en invernadero y campo.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

Área: Ciencias Naturales y Ciencias Agronómicas.

Sub área: Ciencias Biológicas y Biotecnología Agrícola.

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: M.Sc. Giovanni Garro Monge.

Contacto: ggarro@tec.ac.cr

Resumen

El cultivo de fresa en Costa Rica es considerado como un cultivo permanente que están en manos de pequeños productores. La mayoría de las fincas productoras de fresa (39%) están ubicadas en la provincia de Cartago, seguida de Alajuela, San José y Heredia, con un rendimiento anual de aproximadamente 50 t/ha. Llano Grande es la principal zona productora del país, con 120 hectáreas de fresa. Existen en la actualidad 5 organizaciones de productores de fresa en el país; todas estas organizaciones representan unos 50 productores, los cuales, a pesar de ser incipientes, están dando batalla para apoyar los esfuerzos de investigación y capacitación e intentar junto con las instituciones del gobierno y la academia, rescatar las áreas perdidas y retomar la actividad, que se ha visto gravemente afectada por plagas y enfermedades, y recientemente ha sido abatida por la crisis pandémica por Covid-19. Por tanto, en esta etapa del proyecto se pretende realizar una transferencia de material vegetal y de conocimiento para incrementar el cultivo de fresa a través de: 1. La optimización de la micropropagación de vitroplantas de dos variedades comerciales de fresa (San Andreas e Iliana), garantizando mediante pruebas de microscopía electrónica su inocuidad, 2. La ejecución de ensayos de irradiación para la

producción a mediano plazo de nuevas variedades de fresa mediante el uso de la tecnología con rayos Gamma y 3. Desarrollo de capacitaciones para los agricultores en torno al manejo eficiente de vitroplantas en invernadero y posterior aclimatación en campo. La población meta serán productores de fresa de Llano Grande de Cartago, contactados a través de la Cooperativa representada por el Sr. Carlos Pontigo. Para esta propuesta, se sostendrán reuniones con los productores beneficiados, a través de la mediación de la Cooperativa, con la finalidad de sensibilizar acerca de la importancia, alcances y beneficios de los objetivos aquí planteados, así como acordar las actividades concretas 2 de participación de los productores y, comunicar la información pertinente en cuanto a la organización de las capacitaciones.

Palabras clave: *aclimatación, fresa, microscopía electrónica, radiación Gamma, variedades comerciales.*

Abstract

Strawberry in Costa Rica is considered a permanent crop in the hands of small producers. Most of the strawberry producing farms (39%) are located in Cartago, followed by Alajuela, San José and Heredia, with an annual yield of approximately 50 t/ha.

Llano Grande is the main producing area in the country, with 120 hectares of strawberries. There are currently 5 organizations of strawberry producers in the country. All these organizations represent about 50 producers, which, despite being incipient, are fighting to support research and training efforts and try, together with government institutions and academia, to rescue lost areas and resume activity, which It has been severely affected by pests and diseases, and has recently been struck down by the Covid-19 pandemic crisis. Therefore, at this stage of the project, the aim is to carry out a transfer of plant material and knowledge to increase strawberry cultivation through: 1. Optimizing the micropropagation of vitroplants of two commercial strawberry varieties (San Andreas and Iliana) , guaranteeing its innocuousness through electronic microscopy tests, 2. Execution of irradiation tests for the medium-term production of new strawberry varieties through the use of Gamma ray technology and 3. Development of training for farmers around the efficient management of vitroplants in greenhouse and subsequent acclimatization in the field. The target population will be strawberry producers from Llano Grande de Cartago, contacted through the Cooperative represented by Mr. Carlos Pontigo. For this proposal, meetings will be held with the beneficiary producers, through the

mediation of the Cooperative, with the aim of raising awareness about the importance, scope and benefits of the objectives set forth here, as well as agreeing on the specific activities for the participation of the producers and communicate the pertinent information regarding the organization of training.

Key words: *acclimatization, commercial varieties, electronic microscopy, gamma irradiation, strawberry.*

PROYECTO 23: Caracterización del Fenómeno de Aprendizaje en Memorias de Largo Plazo para Arquitecturas Cognitivas de Robots Autónomos

Periodo de ejecución:

Del 01 de junio del 2022 al 31 de mayo del 2025

Área: ciencias naturales

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Mecatrónica

Participante Ingeniería en Computación

Investigador Coordinador: M.Sc. Felipe Meza Obando

Contacto: fmeza@tec.ac.cr

Resumen

Desde los inicios de la Inteligencia Artificial, las arquitecturas cognitivas han sido un área de interés de investigación desde los años 1950, con el objetivo de crear programas informáticos que razonen sobre los problemas a través de diversos dominios, desarrollen conocimiento, se adapten a nuevas situaciones y reflexionen sobre sí mismos.

Las capacidades cognitivas como la memoria, la atención, el lenguaje, la percepción, la solución de problemas o la inteligencia y la planificación involucran funciones cerebrales sofisticadas y únicas.

En la actualidad, la robótica cognitiva tiene su atención en el diseño de agentes artificiales capaces de realizar tareas cognitivas de forma autónoma, como en los seres humanos, siendo una cuestión

central para esta tarea estudiar los procesos mediante los cuales los agentes aprenden.

El aprendizaje como tal es una de las características más importantes a ser mejoradas en los próximos años, si deseamos un verdadero progreso que nos permita contar con agentes autónomos que sirvan en muchas tareas especializadas en el

futuro. El aprendizaje se relaciona de forma directa con la capacidad de memoria a largo plazo.

Este trabajo busca brindar una contribución significativa a las técnicas actuales para el manejo de datos en memorias a largo plazo y tomas de decisión, para un mejoramiento en los procesos cognitivos de robots autónomos.

Se propone un trabajo conjunto entre el TEC Costa Rica y el Grupo Integrado de Ingeniería (GII) de la Universidade da Coruña, España, que puede ser de mucho beneficio para la institución.

Palabras clave: *Robótica cognitiva; Arquitecturas cognitivas; Aprendizaje automático; Memorias a largo plazo.*

Abstract

Since the beginnings of Artificial Intelligence, cognitive architectures have been an area of research interest since the 1950s, with the aim of creating computer programs that reason about problems across various domains, develop knowledge, adapt to new situations, and reflect on themselves.

Cognitive abilities such as memory, attention, language, perception, problem solving, or intelligence and planning involve sophisticated and unique brain functions.

Currently, cognitive robotics has its attention on the design of artificial agents capable of performing cognitive tasks autonomously, as in humans, being a central issue for this task to study the processes by which agents learn.

Learning as such is one of the most important characteristics to be improved in the coming years, if we want real progress that will allow us to have autonomous agents that will serve in many specialized tasks in the future. Learning is directly related to long-term memory capacity.

This work seeks to provide a significant contribution to current techniques for the data management in long-term memories and decision making, for an improvement in the cognitive processes of autonomous robots.

A joint effort is proposed between TEC Costa Rica and the Integrated Engineering Group (GII) of the Universidade da Coruña, Spain, which can be of great benefit to the institution.

Keywords: *Cognitive robotics; cognitive architectures; machine learning; Long-term memories*

PROYECTO 24: Desempeño de turbinas eólicas de eje horizontal con dispositivos de control de flujo en condiciones de turbulencia

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: ingeniería y tecnología

Sub área: Ingeniería Mecánica

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Electromecánica

Participante Escuela de Física

Participante Ingeniería Mecatrónica

Investigador Coordinador: Ing. Gustavo Richmond Navarro

Correo: g-richmond@tec.ac.cr

Resumen

Como continuación del proyecto VIE “Optimización de un perfil aerodinámico de una turbina eólica de eje horizontal para aplicaciones de pequeña escala en zonas boscosas” desarrollado entre 2018 y 2021, se propone desarrollar y evaluar un rotor de turbina eólica empleando dispositivos de control de flujo.

El objetivo es continuar en la línea de investigación que apunta a la construcción de un prototipo de turbina eólica de eje horizontal para zonas de bajo potencial eólico y alta turbulencia, considerando que este tipo de máquina no existe en el mercado y es escasa la literatura al respecto. Este prototipo pretende beneficiar a regiones rurales, núcleos urbanos ubicados en zonas montañosas; será una alternativa de generación eléctrica en viviendas en regiones donde la alta nubosidad o la lejanía a ríos, impide que el uso adecuado de otras tecnologías como paneles solares o generadores hidroeléctricos. Esta turbina pretende ser también una alternativa de generación en sitio, para unidades habitacionales que estén conectadas a la red eléctrica nacional, lo que permitirá reducir su factura energética.

La primera etapa consiste en probar experimentalmente, en un túnel de viento, la respuesta en fuerzas de sustentación y arrastre del perfil aerodinámico SG6043, al monitorear una combinación de dispositivos de control de flujo, en condiciones de flujo turbulento. Los perfiles aerodinámicos serán fabricados mediante técnicas de manufactura aditiva principalmente FFF (Fused Filament Fabrication) (alma de los perfiles), fibra de vidrio y madera mediante mecanizado CNC. Producto del proyecto anterior, ya se cuenta con un túnel de viento en el Laboratorio de Investigación en Energía Eólica del TEC (LIENE), además, está como respaldo el túnel de la Universidad de Costa Rica.

La segunda etapa se trata de la manufactura y prueba de un rotor, cuyas aspas serán diseñadas aplicando los resultados de la primera etapa. El rotor será colocado como reemplazo del existente de una turbina eólica comercial, con la cual ya se cuenta, producto del proyecto anterior. De este

modo se evaluará el desempeño aerodinámico del rotor y será comparado con el desempeño de un rotor comercial. Las pruebas de la segunda etapa serán llevadas a cabo en el túnel de viento de la Universidad de Costa Rica, debido a que las dimensiones del túnel de viento del TEC no

permiten realizar en él esas pruebas.

Los principales productos que se espera obtener con esta investigación son las curvas de desempeño aerodinámico del perfil SG6043, de acuerdo con el diseño experimental factorial de niveles mixtos que se llevará a cabo. También la curva de desempeño del rotor manufacturado con el perfil SG6043 y los dispositivos de flujo correspondientes Entendiendo el desempeño como las curvas de fuerzas de sustentación y arrastre en función del ángulo de ataque; La curva de desempeño se entiende como la potencia en función de la velocidad del viento incidente.

Este proyecto se enmarca en los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, particularmente el número 7: Energía asequible y no contaminante. También está en el eje de conocimiento estratégico del TEC denominado Energía.

Palabras clave: *Turbina eólica, factibilidad, velocidad del viento, energía renovable*

Abstract

As a continuation of the VIE project "Optimization of an aerodynamic profile of a horizontal axis wind turbine for small-scale applications in forested areas" developed between 2018 and 2021, it is proposed to develop and evaluate a wind turbine rotor using flow control devices.

The objective is to continue in the line of research that aims to build a horizontal axis wind turbine prototype for areas of low wind potential and high turbulence, considering that this type of machine does not exist in the market and there is few literature about it. This prototype aims to benefit rural regions, urban centers located in mountainous areas; It will be an alternative for electricity generation in homes in regions where high cloudiness or distance from rivers prevents the use of other green technologies such as solar panels or hydroelectric generators. This turbine is also intended to be an on-site generation alternative for housing units that are connected to the national electricity grid, which will reduce their energy bill.

The first stage consists of experimentally testing, in a wind tunnel, the response in lift and drag forces of the SG6043 airfoil, by monitoring a combination of flow control devices, in turbulent Flow conditions. The aerodynamic profiles will be manufactured

using additive manufacturing techniques, mainly FFF (Fused Filament Fabrication) (profile core), fiberglass and wood by Computer numerical control (CNC) machining. As a result of the previous project, there is already a wind tunnel in the Wind Energy Research Laboratory of the TEC (LIENE), in addition, the tunnel of the University of Costa Rica is backing it up.

The second stage deals with the manufacture and testing of a rotor, whose blades will be designed applying the results of the first stage. The rotor will be placed as a replacement for the existing one of a commercial wind turbine, which already exists, as a result of the previous project. In this way, the aerodynamic performance of the rotor will be evaluated and compared with the performance of the commercial rotor. The tests of the second stage will be carried out in the wind tunnel of the University of Costa Rica, since the dimensions of the TEC wind tunnel do not allow these tests to be carried out there.

The main products that are expected to be obtained with this research are the aerodynamic performance curves of the SG6043 airfoil, according to the mixed-level factorial experimental design that will be carried out. Understanding performance as lift and drag force curves as a function of

angle of attack. Also the performance curve of the rotor manufactured with the SG6043 profile and the corresponding flow devices. The performance curve is understood as the power as a function of the incident wind speed.

This project is part of the sustainable development goals of the United Nations, particularly number 7: Affordable and clean energy. It is also in the axis of strategic knowledge of the TEC called Energy

Key words: *wind turbine, feasibility, wind speed, renewable energy*

PROYECTO 25: Requerimientos para lograr la factibilidad de turbinas eólicas comerciales de pequeña escala en Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: ingeniería y tecnología

Sub área: Ingeniería Mecánica

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Electromecánica

Participante Escuela de Física

Participante Ingeniería Mecatrónica

Investigador Coordinador: Ing. Rosa Matarrita Chaves

Correo: rmmatarrita@tec.ac.cr

Resumen

En el año 2017 se presentó ante la VIE el proyecto “Optimización de un perfil aerodinámico de una turbina eólica de eje horizontal para aplicaciones de pequeña escala en zonas boscosas” desarrollado entre 2018 y 2021 y el cual consistió en el diseño de un perfil aerodinámico para una turbina eólica de eje horizontal, mediante simulación numérica y experimentos en túnel de viento, para aplicaciones en zonas boscosas, de bajo potencial eólico y de pequeña escala. Además del diseño de la turbina, es importante conocer las condiciones de instalación y operación según la

zona por lo que, como parte de la misma línea de investigación, en el presente proyecto se propone evaluar la ubicación y altura de instalación, así como la factibilidad de instalación de turbinas eólicas de pequeña escala en Costa Rica. Se realizará un análisis del rendimiento de turbinas eólicas

comerciales, en función de su altura respecto del suelo, usando como entrada datos reales de velocidad de viento medidos en Costa Rica por el grupo investigador. Con esto se determinará la relación que existe entre la altura de colocación de la turbina y su eventual factibilidad económica.

Luego se tomará la información anterior y se combinará con otras dos fuentes: por un lado, con datos de velocidad de viento en estaciones del Instituto Meteorológico Nacional (de Costa Rica), y por otro lado con modelos de velocidad de viento en las regiones cercanas al suelo. Al colocar juntos estos datos será posible determinar la altura mínima requerida para lograr la factibilidad de instalación de una turbina eólica de pequeña escala, para los puntos específicos de medición disponibles. Se considerarán también aspectos como costo de instalación, mantenimiento y precio de la electricidad disponible en las zonas de estudio. Con estos resultados se generará un panorama de las condiciones necesarias para alcanzar la factibilidad comercial de usar turbinas eólicas de pequeña escala en Costa Rica.

Este proyecto se enmarca en los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, particularmente el #7: Energía asequible y no contaminante. También está alineado con el eje de conocimiento estratégico del TEC denominado Energía.

Palabras clave: *Turbina eólica, factibilidad, velocidad del viento, energía renovable, unidad habitacional*

Abstract

In 2017, the project "Optimization of an aerodynamic profile of a horizontal axis wind turbine for small-scale applications in forested areas" was presented to the VIE, developed between 2018 and 2021 and which consisted of the design of an aerodynamic profile for a horizontal axis wind turbine, through numerical simulation and wind tunnel experiments, for applications in forested areas, with low wind potential and small scale. In addition to the design of the turbine, it is important to know the installation and operation conditions according to the area. Therefore, as part of the same research line, this project proposes to evaluate the location and height of the installation, as well as the feasibility of installing small-scale wind turbines in Costa Rica. There will be a commercial wind

turbines performance analysis, based on their height from the ground, using real wind speed data measured in Costa Rica by the research group as input. With this, the relationship that exists between the installation height of the turbine and its possible economic feasibility will be determined. Then this information will be taken and combined with two other sources: on the one hand, with wind speed data at stations from the National Meteorological Institute (of Costa Rica), and on the

other hand with the wind speed models in ground nearby regions. By putting these data together it will be possible to determinate the minimum height required to achieve the feasibility of installing a small-scale wind turbine, for the specific measurement points available. Aspects such as the cost

of installation, maintenance and the price of electricity available in the study areas will also be considered. With these results, an overview of the conditions necessary to achieve the comercial feasibility of using small-scale wind turbines in Costa Rica will be generated.

This project is part of the sustainable development goals of the United Nations, particularly #7: Affordable and non-polluting energy. It is also aligned with the strategic knowledge axis of the TEC called Energy.

Key words: *Wind turbine, feasibility, wind speed, renewable energy, dwelling*

PROYECTO 26: Desarrollo de un sistema integrado para la prueba de sistemas de potencia en CubeSats

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ing. Eléctrica, Electrónica e Ing. de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Electromecánica

Participante Ingeniería Electrónica

Participante Ingeniería Mecatrónica

Investigador Coordinador: Ing. Juan José Rojas Hernández

Correo: juan.rojas@tec.ac.cr

Resumen

Un CubeSat es un satélite pequeño cuya unidad es un cubo de 10cm por lado con un peso aproximado de 1 kg, hoy en día hay CubeSats de hasta 12 unidades (12U). A inicios de la década de los 2000 se realizaron las primeras puestas en órbita de CubeSats y hoy en día ya se han puesto en órbita más de 1500.

Los CubeSats han demostrado ser una opción viable para acceder al espacio para países que no tienen capacidades espaciales autóctonas (non space-fairing nations), en la mayoría de los casos el objetivo principal es el desarrollo de capacidades en el recurso humano del país. Algunos otros ejemplos de los usos de los CubeSats hoy en día son: análisis del clima espacial, estudio de la dinámica de vuelo, tecnologías de propulsión, imágenes satelitales, meteorología, telecomunicaciones, entre otros.

El subsistema eléctrico de potencia (SEP) es causante de alrededor del 44% de las fallas catastróficas en CubeSats durante los primeros 30 días luego de la puesta en órbita; además, el SEP junto con el subsistema de comunicación son los que contribuyen más a la reducción en la confiabilidad general del sistema.

Los equipos utilizados para realizar pruebas a sistemas de potencia de satélites convencionales tienen costos prohibitivos y, además, son inadecuados para realizar pruebas en sistemas de potencia de CubeSats pues no están dimensionados para estas aplicaciones de baja potencia.

Con el objetivo de obtener una mejoría en la confiabilidad de las misiones espaciales basadas en CubeSats, en este proyecto se propone el desarrollo de un sistema integrado y modular para pruebas de sistemas potencia en CubeSats cuyo diseño permite usarlo como simulador de arreglo solar (SAS), cargador y descargador de baterías o carga electrónica según se necesite.

Este sistema proporciona una solución completa a las necesidades de pruebas para sistemas de potencia en CubeSats, tanto en las etapas iniciales e intermedias del desarrollo, cuando se realiza la verificación de la funcionalidad de los dispositivos que componen el sistema de potencia y del sistema como tal, como en las fases finales en las que se realizan pruebas de larga duración al modelo de vuelo del satélite.

Palabras clave: *CubeSat, sistemas de potencia, pruebas*

Abstract

A CubeSat is a small satellite whose unit is a cube of 10cm per side with an approximate weight of 1 kg, today there are CubeSats of up to 12 units (12U). In the early 2000s the first CubeSats were launched into orbit and today more than 1500 have been launched.

CubeSats have proven to be a viable option to access space for countries that do not have indigenous space capabilities (non-space-fairing nations), in most cases the main objective is the development of capabilities in the country's human resources. Some other examples of the uses of CubeSats today are: space weather analysis, flight dynamics study, propulsion technologies, satellite imagery, meteorology, telecommunications, among others.

The power electrical subsystem (EPS) is responsible for about 44% of the catastrophic failures in CubeSats during the first 30 days after orbit; moreover, the EPS together with the communication subsystem are the main contributors to the reduction in overall system reliability. The equipment used to

test conventional satellite power systems is cost prohibitive and, in addition, inadequate for testing CubeSats power systems because it is not sized for these low power applications.

To improve the reliability of CubeSat-based space missions, this project proposes the development of an integrated and modular system for CubeSat power system testing designed to be used as a solar array simulator (SAS), battery charger and discharger, or electronic load as needed.

This system provides a complete solution to the testing needs for power systems on CubeSats, both in the initial and intermediate stages of development, when verifying the functionality of the devices that make up the power system and the system itself, as well as in the final phases in which long duration tests are performed on the satellite's flight model.

Key words: *CubeSat, power systems, tests*

PROYECTO 27: Efectos respiratorios y alérgicos por la exposición a mezclas de plaguicidas en trabajadores agrícolas de Zarcero, Costa Rica.

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 30 de junio del 2023

Área: Ciencias médicas y de la salud

Sub área: Ciencias de la Salud

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Seguridad Laboral e Higiene
Ambiental

Investigador Coordinador: Ing. María Gabriela Rodríguez
Zamora

Correo: garodriguez@tec.ac.cr

Resumen

En Costa Rica, muchos trabajadores agrícolas hacen un uso extenso e indiscriminado de plaguicidas altamente peligrosos en sus cultivos, sin tomar en cuenta las normas de seguridad e higiene requeridas para su preparación y aplicación. Estudios epidemiológicos previos han encontrado que la exposición ocupacional a plaguicidas, principalmente organofosforados y carbamatos, se relaciona con un incremento en el riesgo de síntomas respiratorios como sibilancias, tos crónica, dificultad para respirar; y trastornos respiratorios y alérgicos como asma, bronquitis crónica y rinitis. Es relevante disponer de datos acerca de los potenciales efectos adversos de los plaguicidas sobre la salud respiratoria y alérgica de los trabajadores agrícolas, pues el sector agrícola es el segundo sector más importante en la generación de empleo en el país, ocupando al 13.4% de la población total laboral. Muchos de los estudios previos no han tomado en cuenta la potencial correlación entre plaguicidas en mezclas complejas ni los efectos combinados de los plaguicidas (aditivos, sinérgicos o antagónicos), por lo que las asociaciones reportadas con efectos respiratorios y alérgicos podrían estar sesgadas. En este estudio se pretende examinar los efectos en la salud respiratoria y alérgica de la exposición simultánea a una amplia gama de plaguicidas en

trabajadores de fincas agrícolas convencionales y orgánicas del cantón de Zarcero, utilizando modelos jerárquicos bayesianos de regresión logística para examinar las asociaciones con los efectos respiratorios y alérgicos de la exposición a mezclas complejas de plaguicidas correlacionados.

Palabras clave: *Exposición a mezclas de plaguicidas, salud respiratoria, trabajadores agrícolas, Costa Rica.*

Abstract

In Costa Rica, most of farm workers apply a lot of highly dangerous pesticides on their crops, leaving out the safety and hygiene standards required for their preparation and application. Previous epidemiological studies have found that occupational exposure to pesticides, mainly organophosphates and carbamates, is linked to an increased risk of respiratory symptoms such as wheezing, chronic cough, shortness of breath; and respiratory and allergic outcomes such as asthma, chronic bronchitis, and rhinitis. It is relevant to study the potential adverse effects of pesticides on the respiratory and allergic health of farm workers, since the agricultural sector is the

second most important employment sector in the country, occupying 13.4% of the total working population. Most of previous studies have not taken into account the potential correlation between pesticides in complex mixtures or the combined effects of pesticides (additives, synergists or

antagonists), so the associations reported with respiratory and allergic effects could be biased. This study aims to examine the respiratory and allergic health effects associated with simultaneous occupational exposure to a broad range of pesticides from conventional and organic farms in Zarcero County, Costa Rica, using Bayesian hierarchical logistic regression models to examine the associations with the respiratory and allergic effects of exposure to complex mixtures of correlated pesticides.

Key words: *Multiple pesticide exposures, respiratory health, farm workers, Costa Rica.*

PROYECTO 28: Diseño y validación de métodos para apoyar la enseñanza y evaluación del pensamiento computacional (PC) con independencia del lenguaje de programación (Poliglot)

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2025

Área: Ciencias naturales

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Computación

Participante Ingeniería en Computadores

Participante Escuela de Matemáticas

Investigador Coordinador: Ing. Liliana Sancho Chavarría

Correo: lsancho@tec.ac.cr

Resumen

El Pensamiento Computacional se refiere, en términos generales, a un conjunto de habilidades del proceso analítico de las personas en relación con la resolución de problemas, el cual facilita su capacidad en términos de desarrollo académico, laboral y social. De acuerdo con la definición de Programa de Informática Educativa del Ministerio de Educación Pública (PRONIE-MEP), el Pensamiento Computacional (PC) es el conjunto de competencias, actitudes y prácticas que desarrollan los estudiantes al resolver problemas a través de la programación, fundamentada en la comprensión de los conceptos fundamentales de la informática, por lo que para los futuros estudiantes de las carreras STEM contar con un alto nivel del PC, es de gran importancia. En el ITCR se han venido desarrollando proyectos en Computación en donde han confluído investigación en diseño de métodos de analítica visual para el desarrollo y mantenimiento de software que consideran diversos lenguajes de programación, así como investigación en metodologías para el reconocimiento automático de patrones de pensamiento computacional relacionados con el mejoramiento de la educación. Estas investigaciones han evidenciado nuevas necesidades en cuanto a trabajo futuro, así como a la importancia de esta área de investigación para el

fortalecimiento de la educación desde el nivel de primaria hasta el nivel universitario (consistente con el ODS 4 Educación de Calidad (Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todas las personas).

El objetivo de esta propuesta es definir un conjunto de métodos para apoyar la enseñanza y evaluación del PC independiente del lenguaje de programación. Para este esfuerzo de investigación se adopta la definición utilizada por el programa PRONIE MEP-FOD que establece que PC es el conjunto de habilidades, actitudes y prácticas que desarrollan los estudiantes al resolver problemas a través de la programación de computadoras, fundamentadas en la comprensión de los conceptos fundamentales de la informática. Asimismo, se resaltan como aportes desde la perspectiva computacional, en relación con la resolución de problemas y ejercicios de programación en diferentes lenguajes de programación, la conversión a diferentes lenguajes de programación mediante un proceso inverso en el que lenguaje universal se traduce a lenguajes específicos y también la investigación en relación con instrucciones de voz y bloques gráficos. La población meta del proyecto son los alumnos de primaria, secundaria y universidad que asisten a clases de programación, así como sus profesores

y los administradores en las direcciones de los centros y a nivel nacional. En concreto, los resultados de la investigación a los participantes del programa PRONIE FOD-MEP y los estudiantes universitarios que cursan los primeros cursos de programación en diferentes universidades, incluido el Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Palabras clave: *Pensamiento computacional, métricas, evaluación, enseñanza, análisis de código*

Abstract

Computational Thinking refers, in general terms, to a set of skills of the analytical process of people in relation to problem solving, which facilitates their capacity in terms of academic, work and social development. According to the definition of the Educational Informatics Program of the Ministry of Public Education (PRONIE-MEP), Computational Thinking (CP) is the set of skills, attitudes and practices that students develop when solving problems through programming, based on the understanding of the fundamental concepts of computer science, so that for future students of STEM careers, having a

high level of CP is of great importance. ITCR has been developing projects in Computer Science where research in the design of visual analytics methods for the development and maintenance of software that consider different programming languages, as well as research in methodologies for the automatic recognition of computational

thinking patterns related to the improvement of education. This research have evidenced new needs in terms of future work, as well as the importance of this research area for the strengthening of education from primary to university level (consistent with SDG 4 Quality Education (Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all people)).

The objective of this proposal is to define a set of methods to support the teaching and assessment of PC independent of programming language. For this research effort, the definition used by the PRONIE MEP-FOD program is adopted, which establishes that PC is the set of skills, attitudes and practices students develop when solving problems through computer programming, based on the understanding of the fundamental concepts of computer science. Likewise, contributions from the computational perspective are highlighted in relation to problem

solving and programming exercises in different programming languages, the conversion to different programming languages through an inverse process in which universal language is translated into specific languages, and research in relation to voice instructions and graphic blocks. The target population of the project is primary, secondary and university students attending programming classes, as well as their teachers and administrators at the school and national level. Specifically, the research results to the participants of the PRONIE FOD-MEP program and university students taking the first programming courses in different universities, including the Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Key words: *Computational thinking, metrics, evaluation, teaching, code analysis*

PROYECTO 29: Compromiso, recursos y emprendimiento exportador y su influencia en el desempeño de las PYMES exportadoras de Costa Rica: análisis cross-cultural Costa Rica – España

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias sociales

Sub área: Economía y Negocios

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas

Participante Escuela de Matemática

Investigador Coordinador: Dr. José Martínez Villavicencio

Correo: jomartinez@tec.ac.cr

Resumen

El aumento y diversificación de las exportaciones, así como el incremento en inversión extranjera directa han sido parte del modelo de desarrollo económico de Costa Rica en los últimos años. Brindar información a las PYMES que enriquezca su conocimiento para su proceso de internacionalización y mejora de la competitividad, es parte de una estrategia importante para el desarrollo económico y una alternativa para su crecimiento y competitividad (Castro-González, 2016).

Esta investigación tiene como objetivo determinar la influencia del compromiso y los recursos en el emprendimiento exportador y este en el resultado exportador de las PYMES de Costa Rica, mediante una investigación mixta, para contribuir con la reactivación económica y el mejoramiento de la competitividad internacional, analizando también su comportamiento con relación a las empresas españolas.

Este estudio pretende realizar un análisis cross-cultural con los resultados del estudio Navarro-García et al. (2017), realizado en España. Para el desarrollo de la metodología, se plantea llevar a cabo primero aplicando a las PYMES costarricenses el instrumento de Navarro-García et al. (2017) relacionado con las variables de compromiso, recursos y emprendimiento

exportador, para lo cual se llevarán a cabo 10 entrevistas a empresas exportadoras y utilizando el software NVivo para dicho análisis cualitativo. El estudio será mixto, ya que también se propone realizar un estudio cuantitativo para identificar la relación que existe entre a) el compromiso exportador, b) los recursos asociados a la experiencia de la empresa y c) a la existencia de una estructura o departamento de la empresa, y el emprendimiento exportador de las PYMES, y este a su vez sobre el resultado exportador. Para lograr esto, se aplicará el instrumento a una muestra aproximada de 100 PYMES exportadoras. Para el análisis de datos se utilizará el paquete estadístico SmartPLS 3.2.3.

La investigación se enmarca en las líneas de investigación del CIADEG de emprendimiento e innovación y, además, alineado con la visión institucional del TEC dentro del eje de conocimiento estratégico de industria, el cual permite la vinculación de los sectores de la economía con el eje transversal de emprendedurismo e innovación, ofreciendo soluciones integrales a la comunidad nacional e internacional. Además, esta investigación pretende que los resultados contribuyan a la adecuación de los directivos y gestión empresarial a la nueva realidad económica, a través de estrategias y medidas

que estimulen la actividad internacional, el emprendedurismo e inversión.

El problema a resolver es de interés nacional e internacional, por cuanto ofrecerá un estudio comparativo entre España y Costa Rica enriqueciendo el conocimiento sobre el proceso de internacionalización de las PYMES, la caracterización de los directivos o encargados y fomentar y apoyar las políticas relacionadas con estos sectores. Como parte de los resultados de la investigación, se espera entregar a la Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER), actores de generación de política pública, el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) y las empresas involucradas, un documento que permita mejorar la competitividad internacional de las PYMES exportadoras y favorezca a las empresas, instituciones y la sociedad y que funcione como guía a la hora de tomar la decisión de incursionar en los mercados internacionales. Adicionalmente, esta investigación se pretende presentar en ponencias en eventos internacionales como el Congreso Latinoamericano de Escuelas de Administración (CLADEA) y la Asociación Latinoamericana de Facultades de Escuelas de Contaduría y Administración (ALAFEC) y publicarse en una revista internacional de alto impacto, se

proponen Revista Escuela de Administración de Negocios y Revista de Administração de Empresas.

Palabras clave: *Éxito exportador, PYMES, emprendimiento exportador, internacionalización.*

Abstract

In recent years, the increase and diversification of exports and the increase in foreign direct investment have been part of Costa Rica's economic development model. Providing information to SMEs that can enrich their knowledge for their internationalization process and improve competitiveness is an important strategy for economic development and an alternative for its growth and competitiveness (Castro-González, 2016).

This research aims to determine the influence of commitment and resources on the export business and this in the export result of the SMEs of Costa Rica, through a joint investigation, to contribute to the economic reactivation and the improvement

of international competitiveness, also analyzing their behavior comparing to Spanish companies.

This study aims to carry out a cross-cultural analysis with the results of the study of Navarro-García et al. (2017), conducted in Spain. Regarding the study's methodology, first, we will apply the instrument of Navarro-García et al. (2017), which is about the variables of commitment, resources, and export entrepreneurship, to Costa Rican SMEs. For that, ten interviews with exporting companies will be conducted and will be used NVivo software for the qualitative analysis. The study will be a mixed-method investigation. It is proposed to conduct a quantitative study as well, to identify the relationship between a) the export commitment, b) the resources associated with the experience of the company, and c) the existence of a structure or department of the company, in the export entrepreneurship of SMEs, and this in turn on the export result. To achieve this, we will apply the instrument to an approximate sample of 100 exporting SMEs. For data analysis, we will use the statistical package SmartPLS 3.2.3.

The research is framed within the CIADEG research lines of Entrepreneurship and Innovation and aligned with ITCR

institutional vision within the axis of strategic knowledge of Industry, which allows the linkage

of the sectors of the economy with the transversal axis of Entrepreneurship and Innovation, offering comprehensive solutions to the national and international community. In addition, the results of this research intend to contribute to the adaptation of managers and business management to the new economic reality through strategies and measures that stimulate international activity, entrepreneurship, and investment.

The problem to be solved is of national and international interest. It will offer a comparative study between Spain and Costa Rica, enriching the knowledge about the internationalization process of SMEs, the characterization of managers, and promote and support policies related to these sectors. As part of the research results, it is expected to deliver to the Costa Rican Foreign Trade Promoter (PROCOMER), actors of generation of public policy, the Ministry of Economy, Industry, and Commerce (MEIC), and the companies involved, a document as a guide to enter international markets which allows improving the international competitiveness of exporting SMEs and foster companies, institutions, and the society.

Additionally, this research will be presented at events such as the Latin American Congress of Schools of Administration (CLADEA) and the Latin American Association of Schools of Accounting and Administration (ALAFEC). It will also be published in an international journal of high impacts, such as School of Administration of Business Magazine and Administração de Empresas Magazine.

Key words: *Exporting success, SMEs, export entrepreneurship, internationalization.*

PROYECTO 30: Caracterización de la deuda morosa en Costa Rica. Un estudio longitudinal del sector crediticio no regulado.

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias sociales

Sub área: Economía y Negocios

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas

Participante Departamento de Orientación y Psicología

Participante Oficina de Planificación Institucional

Investigador Coordinador: Dr. Gustavo Cubillos Salas

Correo: gcubillo@tec.ac.cr

Resumen

El crédito es clave para el crecimiento económico, ya que facilita la movilización de recursos entre ahorrantes e inversionistas. Además, el acceso a crédito les permite a las familias incrementar su consumo y acceder a bienes y servicios que no serían posibles con su ingreso o ahorros, tales como educación y vivienda (García, Jiménez y Durán, 2016).

Si bien es cierto que el crédito es una herramienta que podría traer bienestar a quienes tienen acceso a éste, el sobreendeudamiento podría provocar una disminución considerable de la liquidez de las personas, aumentar la morosidad y limitar su capacidad de consumo e inversión. Esto podría motivar una reacción en cadena; que finalmente afectaría su calidad de vida y estabilidad económica (Cubillo y Valerín, 2019).

En la actualidad la democratización del crédito y las facilidades tecnológicas alrededor del sistema financiero han incrementado la accesibilidad al crédito (Bird, Hagstrom y Wild, 1997; Kohn y Dynan, 2007; Dick y Lehnert, 2010; Dynan, Mian y Pence, 2012). Adicionalmente, los consumidores presentan mayor disposición al crédito, lo que provoca un debilitamiento del

ahorro y un incremento en el uso del crédito para financiar los gastos de consumo (Pavláková y Rozbořil, 2014).

Debido a lo anterior, existe interés por parte de los investigadores en indagar sobre las dificultades financieras en función al incumplimiento de pago de las deudas. Un aspecto de particular importancia, es conocer las variables socioeconómicas que se asocian con este fenómeno, especialmente en el ámbito costarricense donde el estudio del tema ha sido poco abordado.

A pesar de que la literatura presenta avances en perfilar las variables que influyen en la dificultad financiera, generalmente ésta se basa en estudios empíricos con muestras relativamente pequeñas y no han tenido acceso a la realidad financiera de los consumidores.

En el año 2019 el TEC y Equifax firmaron un convenio de cooperación para la generación de información crediticia actualizada y confiable. Es así, como en el 2020 nace el primer “Informe Nacional de Deuda Morosa del Sector Crediticio no Regulado”. En su momento, el informe incluyó el análisis de la deuda desde el 2018 hasta el primer semestre de 2020, no obstante, el alcance de los resultados fue básicamente descriptivo.

Por lo tanto, en esta investigación nos hemos propuesto como objetivo continuar con el estudio de manera longitudinal, además, de elevar el nivel de análisis del informe, pasando de un estudio descriptivo a un estudio explicativo-correlacional. Específicamente, para los informes del 2022 y 2023 se pretende ahondar en las características socioeconómicas y la influencia de éstas en la deuda en mora de los costarricenses, así como en ahondar en la comprensión del comportamiento de la persona morosa desde las teorías psico-sociales del consumidor nacional.

Para el desarrollo de esta investigación se contará con una robusta base de datos de más de un millón de cuentas morosas del sector crediticio no regulado en Costa Rica. Dicha muestra será provista por el buró crediticio Equifax-Costa Rica.

Palabras clave: *Finanzas personales, crédito, sector crediticio, endeudamiento, deuda morosa.*

Abstract

Credit is key to economic growth since it facilitates the mobilization of resources between savers and investors. In

addition, access to credit allows families to increase their consumption and access goods and services that would not be possible with their income or savings, such as education and housing (García, Jiménez and Durán, 2016).

While it is true that credit is a tool that could bring well-being to those who have access to it, over-indebtedness could cause a considerable decrease in people's liquidity, increase defaulting, and limit their ability to consume and invest. This could trigger a chain reaction; that would ultimately affect their quality of life and economic stability (Cubillo and Valerín, 2019).

Currently, the democratization of credit and technological facilities around the financial system have increased accessibility to credit (Bird, Hagstrom and Wild, 1997; Kohn and Dynan, 2007; Dick and Lehnert, 2010; Dynan, Mian and Pence, 2012). Additionally, consumers are more willing to credit, which causes a weakening of savings and an increase in the use of credit to finance consumer spending (Pavláková and Rozbořil, 2014).

Due to the above, there is great interest on the part of researchers in investigating financial difficulties due to non-payment of debts. An aspect of particular importance is to know the variables that are associated with this phenomenon,

especially in the Costa Rican environment where the study of the subject has been little addressed.

Although the literature presents advances in profiling the variables that influence financial difficulty, it is generally based on empirical studies with relatively small samples, and they have not had access to the financial reality of consumers.

In 2019, TEC and Equifax signed a cooperation agreement for the generation of updated and reliable credit information. This is how in 2020 the first National Report on Bad Debt was born. At the time, the report included the analysis of the debt from 2018 to the first half of 2020, however, the scope of the results was basically descriptive.

Therefore, in this research we have set ourselves the objective of continuing the study longitudinally, in addition to raising the level of analysis of the report, moving from a descriptive study to an explanatory-correlational study. Specifically, for the 2022 and 2023 reports, it is intended to delve into the socioeconomic characteristics and their influence on the defaulting debtors of Costa Ricans as well as delving into the understanding debtor's behaviour from the scope socio-psychological theories.

For the development of this research, there will be a robust sample of more than one million defaulting accounts from the unregulated credit sector in Costa Rica. Said sample will be provided by the Equifax-Costa Rica credit bureau.

Key words: *Personal finance, credit, credit sector, indebtedness, default.*

PROYECTO 31: Actividades de RSE en empresas familiares y su contribución con los ODS: valoración de los aportes a través de un modelo de gestión de indicadores

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias sociales

Sub área: Economía y Negocios

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas

Participante ATI

Investigador Coordinador: Dra. Dyalá de la O Cordero

Correo: ddelao@tec.ac.cr

Resumen

Esta propuesta es exploratoria descriptiva con enfoque cualitativo y se seleccionó la técnica de estudio de casos como método de investigación. El objetivo es investigar cuál es el aporte de las actividades de RSE que realizan las empresas familiares de 4 países centroamericanos para determinar su contribución con la salud y bienestar (ODS 3), la educación (ODS 4), la igualdad de género (ODS 5) y la generación de trabajo decente (ODS 8). La recolección de datos se realizará a través de entrevistas a profundidad y se desarrollarán dos productos basados en tecnologías de información: instrumento para la recolección de datos y automatización del MiRSEEF (Modelo de indicadores de RSE para empresa familiares, el cual generará conocimiento sujeto a protección). Con los resultados, se espera contribuir con la gestión empresarial de las empresas familiares para que estas apoyen significativamente la consecución de los ODS.

Palabras clave: *Empresas familiares, Responsabilidad Social Empresarial (RSE), Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), indicadores de gestión*

Abstract

This proposal is descriptive exploratory with a qualitative approach and the case study technique was selected as the research method. The objective is to investigate what is the contribution of CSR activities carried out by family firms in 4 Central American countries to determine their contribution to health and well-being (SDG 3), education (SDG 4), gender equality (SDG 5) and the generation of decent work (SDG 8). The data collection will be carried out through in-depth interviews and two products based on TI will be developed: instrument for data collection and automation of the MirSEEF (Model of CSR indicators for family firms, which will generate knowledge subject to protection). With the results, it is expected to contribute to the business management of family firms so that they significantly support the achievement of the SDGs.

Key words: *Family firms, Corporate Social Responsibility (CSR), Sustainable Development Goals (SDG), management indicators*

PROYECTO 32: Estrategias para el desarrollo socioeconómico territorial mediante el uso de monedas complementarias basadas en tecnología Blockchain

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: Ciencias sociales

Sub área: Economía y Negocios

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas

Investigador Coordinador: Dr. Alan Henderson García

Resumen

En Costa Rica se observa desigual grado de desarrollo socioeconómico entre distintas regiones. En este sentido, las comunidades indígenas persisten entre los más bajos Índices de Desarrollo Social del país y entre el grupo denominado Área de menor desarrollo relativo, nivel muy bajo. En aras de generar aportes en el fortalecimiento de dichas comunidades, se han desarrollado proyectos abocados a iniciativas socio-productivas locales. Si bien se ha avanzado, permanecen restricciones múltiples tales como el acceso a bienes que no son producidos en la comunidad, la superación de producciones de subsistencia, la interrelación con otros actores socioeconómicos de la región, el pago de servicios, entre otros.

Es por lo anterior que el objetivo de la presente propuesta consiste en analizar la potencial implementación de una moneda complementaria basada en tecnología blockchain en territorio indígena como estrategia de desarrollo territorial, en aras de generar aportes en los vacíos antes mencionados. Para ello, se propone un abordaje metodológico mixto que permita ahondar en experiencias de implementación de monedas complementarias en entornos de vulnerabilidad socioeconómica, el estado de situación de los recursos y

capacidades locales, el ecosistema, y el diseño de la moneda complementaria.

El proyecto busca aprovechar avances y líneas de investigación desarrollados en proyectos previos en territorio Cabecar de Talamanca, y en el proyecto INICIA co-financiado por el Programa Erasmus+.

Palabras clave: *Territorio indígena, moneda complementaria, blockchain, desarrollo socioeconómico*

Abstract

In Costa Rica, there is an uneven degree of socioeconomic development between different regions. In this sense, the indigenous communities persist among the lowest Social Development Indexes in the country and among the group called 'Area of least relative development, very low level'. In order to generate contributions in the strengthening of these communities, projects have been developed aimed at local socio-productive initiatives. Although progress has been made, multiple restrictions have still remained unchanged, such as access to goods that are not produced in the community,

overcoming subsistence production, interrelation with other socioeconomic actors in the region, payment for services, among others.

It is for the above that the objective of this proposal is to analyze the potential implementation of a complementary currency based on blockchain technology in indigenous territory as a territorial development strategy, in order to generate contributions in the gaps just before mentioned. For this, a mixed methodological approach is proposed that allows deepening the knowledge of experiences of implementing complementary currencies in environments of socioeconomic vulnerability, the state of the situation of local resources and capacities, the ecosystem, and the design of the complementary currency.

The project seeks to take advantage of advances and lines of research developed in previous projects in the Cabecar de Talamanca territory, and in the INICIA project co-financed by the Erasmus+ Program.

Key words: *Indigenous territory, complementary currency, blockchain, socioeconomic development*

PROYECTO 33: Compromiso afectivo en emprendimientos universitarios: factores internos y del contexto que lo influyen

Periodo de ejecución:

Del 30 de julio 2022 al 30 de julio del 2024

Área: Ciencias sociales

Sub área: Economía y Negocios

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas

Investigador Coordinador: Dr. Juan Carlos Leiva Bonilla

Correo: jleiva@tec.ac.cr

Resumen

El emprendimiento se puede entender como un fenómeno que se asocia con la actividad empresarial para la búsqueda de generación de valor al crear o expandir actividades económicas cuando se identifican y aprovechan nuevos productos, procesos o mercados (OECD, 2010). En los últimos años, la investigación referente a este tema ha tomado auge dentro de la comunidad científica debido a que se ha convertido en una estrategia importante para activar la economía (Herrera, 2012).

El compromiso afectivo es una variable que, de acuerdo con autores como Stroe et al. (2020) y Haq et al. (2018), influye en los emprendedores y los resultados que estos obtienen de sus empresas, tales como el desempeño de sus negocios o el proceso de toma de decisiones. No obstante, a pesar de estar relacionado con el emprendimiento, el compromiso afectivo es aún un área del conocimiento en desarrollo (Lahti et al, 2019; Murnieks et al, 2020), representando así una oportunidad innovadora de investigación y divulgación científica.

El compromiso afectivo de una persona puede estar determinado tanto por variables internas, como los rasgos individuales, las experiencias sociales o la actitud del emprendedor, como por factores externos, entre ellos el

contexto cultural y universitario al cual se encuentra expuesto (Stroe et al., 2020; Shir et al., 2019; Baumeister et al., 2003).

Es por ello que este proyecto busca profundizar en la temática del compromiso afectivo en los emprendimientos activos de estudiantes universitarios, desde una perspectiva interna respecto a sus experiencias sociales y actitud general, y desde una perspectiva externa, relacionándolo con el contexto cultural y universitario, así como sus implicaciones en el proceso emprendedor.

Palabras clave: *Compromiso afectivo, emprendimiento activo, estudiantes universitarios, factores internos, factores contextuales*

Abstract

Entrepreneurship can be understood as a phenomenon that is associated with business activity in the search for value generation by creating or expanding economic activities when new products, processes, or markets are identified and taken advantage of (OECD, 2010). In recent years, reference research on this topic has boomed within the scientific

community because it has become an important strategy to activate the economy (Herrera, 2012).

According to authors such as Stroe et al. (2020) and Haq et al. (2018), affective commitment is a variable that influences entrepreneurs and the results they obtain from their companies, such as the performance of their businesses or the decision-making process. However, despite being related to entrepreneurship, affective commitment is still an area of knowledge in development (Lahti et al., 2019; Murnieks et al., 2020), thus representing an innovative opportunity for scientific research and dissemination.

The affective commitment of a person can be determined both by individual variables, such as social experiences or the attitude of the entrepreneur, as well as by external factors, including the cultural and university context to which they are exposed (Stroe et al., 2020; Shir et al., 2019; Baumeister et al., 2003).

That is why this project seeks to deepen the theme of affective commitment in the active undertakings of university students, from a individual perspective regarding their social experiences and general attitude, and an external perspective, relating it to

the cultural and university context, as well as its indications in the entrepreneurial process.

Key words: *Affective commitment, active entrepreneurship, university students, internal factors, contextual factors*

PROYECTO 34: Factores que influyen en la capacidad innovadora de las pequeñas y medianas empresas industriales en Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS SOCIALES

Sub área: Economía y Negocios

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas

Investigador Coordinador: Dr. Juan Carlos Leiva Bonilla

Correo: jleiva@tec.ac.cr

Resumen

La innovación incrementa la competitividad de las empresas, la evidencia al respecto es clara. Por ende, investigar la capacidad innovadora de las empresas es un tema relevante. En este contexto se entiende a la capacidad innovadora como la habilidad para transformar continuamente conocimiento e ideas en nuevos productos, procesos y sistemas para el beneficio de la empresa y sus partes interesadas. En línea con lo anterior, el objetivo de la investigación que se propone en este documento es: analizar cuáles factores influyen en la capacidad innovadora de las pequeñas y medianas empresas industriales en Costa Rica. La metodología prevista es de carácter mixto, con elementos de orden cualitativo y cuantitativo. Se busca generar aportes de conocimiento para los diseñadores de política pública en la materia, la comunidad académica, así como las propias empresas.

Palabras clave: *Capacidad innovadora, PYMES, Servicios.*

Abstract

Innovation increases the companies' competitiveness. The evidence is clear. Therefore, the investigation about innovative capacity of companies is a relevant topic. In this context, innovative capacity is understood as the ability to continuously transform knowledge and ideas into new products, processes and systems for the benefit of the company and its stakeholders. Accordingly, the objective of this proposal is: to analyze which factors influence the innovative capacity of small and medium-sized industrial companies in Costa Rica. The methodology will involve elements of a qualitative and quantitative nature. The aim is to generate knowledge for policy makers on the subject, academic community, as well as the companies.

Key words: *Innovative capacity, SMEs, Services.*

PROYECTO 35: Uso de hongos micorrízicos arbusculares asociados naturalmente a tres especies forestales.

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: Ciencias agronómicas

Sub área: Agricultura, forestería y pesca

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Biología

Participante DOCINAE

Investigador Coordinador: Dawa Méndez Álvarez

Correo: damendez@tec.ac.cr

Resumen

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres, formando arbusculos, vesículas e hifas según las especies, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan. La micorriza propicia una integración estructural y funcional entre ambos organismos que se traduce en una sinergia de suma relevancia en aspectos como nutrición, sanidad, productividad y adaptabilidad de las plantas a las condiciones ambientales. Los beneficios de esta simbiosis en general han sido bien documentados; sin embargo, son limitados los estudios detallados sobre la abundancia, diversidad y relación de los HMA con las especies de mayor importancia para la producción forestal y agroforestal en el trópico. Usualmente, los sistemas de producción forestal en el trópico se establecen, principalmente, en sitios marginales, pastizales o en zonas agrícolas abandonadas, por lo que la mayor parte de estos suelos presentan deficiencias nutrimentales para las plantas, toxicidad de elementos y/o alta capacidad de fijación de fósforo. Estas deficiencias traen como consecuencia una alta vulnerabilidad de las plantas hacia las plagas y enfermedades. En el caso de las especies *Cedrela odorata* (cedro amargo), *Swietenia macrophylla* (caoba) y

Cordia alliodora (laurel); su uso en reforestación ha sido limitado y se han realizado pocos esfuerzos para encontrar métodos que aseguren su establecimiento inicial y un desarrollo óptimo. Las meliáceas el principal problema mundial es la plaga *Hypsipyla grandella* Zeller conocido comúnmente como el barrenador de los brotes de las meliáceas y el laurel aparte de presentar una respuesta de crecimiento inicial lento, ha sido atacado por la plaga *Dictyla monotropidia* o chinche de encaje, razón por la cual se ha disminuido la reforestación con estas especies en Costa Rica. Con esta investigación se busca identificar cepas micorrízicas asociadas naturalmente a la caoba, cedro amargo y laurel, con su identificación, caracterización, aislamiento, método de inoculación y pruebas de sus beneficios, en

particular la resistencia a plagas, en vivero y campo; se pretende desarrollar una línea de investigación y desarrollo en el uso de micorrizas como estrategia de fomento a la reforestación con estas tres especies que son de mediano y alto valor en el mercado de la madera. Asimismo, esta línea de investigación es congruente con el cumplimiento del objetivo 15 y las metas 15.1, 15.2, 15.3, 15.4 y 15.6, y el objetivo 9 con la meta 9.5 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el plan de descarbonización 2018-2050, la estrategia de Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y

Degradación (REDD+) y el Decreto Ejecutivo 41772-MINAE, Principios rectores del sector forestal productivo.

Palabras clave: *meliceae, Swetenia macrophylla, Cordia alliodora, Cedrela odorata, resistencia, plagas en árboles tropicales.*

Abstract

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are soil microorganisms that form symbiosis with 80% of terrestrial plants, forming arbuscules, vesicles and hyphae, depending on the species, inside the cortical cells of the plants they colonize. Mycorrhizae promote a structural and functional integration between both organisms that translates into a synergy of great relevance in aspects such as nutrition, health, productivity, and adaptability of plants to environmental conditions. The benefits of this symbiosis in general have been well documented; however, detailed studies on the abundance, diversity, and relationship of AMF with the most important species for forest and agroforestry production in the tropics are limited. Usually, forestry production systems in the tropics are established mainly on marginal sites,

pastures or abandoned agricultural areas, so most of these soils present nutrient deficiencies for plants, toxicity of elements and/or high phosphorus fixation capacity. These deficiencies result in high plant vulnerability to pests and diseases. In the case of *Cedrela odorata* (bitter cedar), *Swietenia macrophylla* (mahogany) and *Cordia alliodora* (laurel), their use in reforestation has been limited and few efforts have been made to find methods to ensure their initial establishment and optimal development. In meliaceae, the main problem worldwide is the pest *Hypsipyla grandella* Zeller, commonly known as the meliaceae shoot borer, and laurel, apart from presenting a slow initial growth response, has been attacked by the pest *Dictyla monotropidia* or lace bug, which is why reforestation with these species has decreased in Costa Rica. This research seeks to identify mycorrhizal strains naturally associated with mahogany, bitter cedar, and laurel, with their identification, characterization, isolation, inoculation method and tests of their benefits, particularly resistance to pests, in nursery and field; it is intended to develop a line of research and development in the use of mycorrhizae as a strategy to promote reforestation with these three species that are of medium and high value in the timber market. Likewise, this line of research is congruent with the fulfillment of Goal 15 and targets 15.1, 15.2, 15.3, 15.4 and 15.6,

and the goal 9 with the target 9.5 of the Sustainable Development Goals (SDGs), the 2018-2050 decarbonization plan, the Reducing Emissions from Deforestation and Degradation (REDD+) strategy and Executive Decree 41772-MINAE, Guiding Principles for the Productive Forestry Sector.

Key words: *meliceae, Swetenia macrophylla, Cordia alliodora, Cedrela odorata, resistance, tropical tree pests.*

PROYECTO 36: Fortalecimiento del control gubernamental sobre el trasiego ilegal de maderas mediante el uso de tecnologías de análisis de autenticación: uso del XyloTron en Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Ciencias de la Tierra y del Ambiente

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Investigador Coordinador: Dagoberto Arias Aguilar

Correo: darias@tec.ac.cr

Resumen

El aprovechamiento de la madera en los ecosistemas tropicales está asociado a factores que siguen un sentido contrario a las buenas prácticas del manejo forestal, siendo la tala ilegal y la comercialización ilícita uno de los factores que inciden en la pérdida paulatina de la cobertura de los bosques. Costa Rica a pesar de disponer de herramientas para la conservación de sus bosques mediante un marco legal que regula la corta, aprovechamiento, transporte y comercialización de la madera, la realidad es que continua la tala ilegal de maderas de especies valiosas y que son las más vulnerable de extinción. Es difícil para las autoridades que ejercen el control forestal o las personas funcionarias en las aduanas saber qué especies de árbol se encuentran en los productos madereros o de dónde provienen. Por ello es que es necesaria la evidencia científica para apoyar o refutar las afirmaciones del origen y las especies en los productos comercializados. A nivel internacional se ha desarrollado una colección georreferenciada de muestras de referencia de madera (xylarium) amparada por especímenes con comprobantes del herbario. El programa WorldForestID inició en el 2021 en colaboración con SINAC, UNA y el TEC, los primeros trabajos de recolección en el campo, de muestras de madera y botánicas según el protocolo científico desarrollado

para las tecnologías de autenticación. A partir del 2022 y con la donación de la tecnología de identificación de maderas llamado XyloTron, corresponde a las universidades iniciar nuevas investigaciones para la autenticación de nuevas especies dentro de la plataforma WorldForestID y hacer el mejor uso de la plataforma internacional del XyloTron. La presente propuesta busca fortalecer los procesos de detección y prevención del trasiego ilegal de maderas mediante la generación de conocimiento e información especializada. En esta etapa se considera la validación de la toma de fotografías con el uso de XyloTron y ampliar la generación de conocimientos para nuevas especies. A sugerencia del SINAC interesan los géneros *Handroanthus* spp, *Tabebuia* spp. y *Roseodendron* spp., que se contemplan para Apéndice II CITES en este 2022.

Palabras clave: *CITES, WorldForestID, madera, comercialización.*

Abstract

Timber harvesting in tropical ecosystems is associated with factors that are contrary to good forest management practices,

with illegal logging and illegal trade being one of the factors that contribute to the gradual loss of forest cover. Although Costa Rica has the tools to conserve its forests through a legal framework that regulates the cutting, harvesting, transport and marketing of timber, the reality is that illegal logging of valuable species that are the most vulnerable to extinction continues. It is difficult for forestry control authorities or customs officials to know which tree species are found in timber products or where they come from. This is why scientific evidence is needed to support or refute claims of origin and species in traded products. Internationally, a geo-referenced collection of wood reference samples (xylarium) has been developed, supported by specimens with herbarium vouchers. The WorldForestID program started in 2021 in collaboration with SINAC, UNA and the TEC, the first field collection of wood and botanical samples according to the scientific protocol developed for authentication technologies. From 2022 and with the donation of the XyloTron wood identification technology, it is up to the universities to initiate new research for the authentication of new species within the WorldForestID platform and make the best use of the international XyloTron platform. This proposal seeks to strengthen the processes of detection and prevention of illegal timber trade through the generation of specialized knowledge

and information. At this stage, the validation of photography with the use of XyloTron and the generation of knowledge for new species will be considered. At the suggestion of SINAC, the genera Handroanthus spp, Tabebuia spp. and Roseodendron spp. are of interest, which are contemplated for CITES Appendix II in 2022.

Key words: CITES, WorldForestID, wood, marketing

PROYECTO 37: Desarrollo de marcadores genéticos de última generación como apoyo al mejoramiento genético internacional en teca (*Tectona grandis* L.) y melina (*Gmelina arborea* Roxb.)

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Agricultura, forestería y pesca

Escuelas participantes:

Proponente Escuela Ing. Forestal

Participante DOCINADE

Investigador Coordinador: Olman Murillo Gamboa

Correo: omurillo@tec.ac.cr

Resumen

El proyecto se desarrollará con el soporte y el acumulado de trabajo en GENFORES en los últimos 10 años, en materia de desarrollo de herramientas moleculares, de apoyo para el mejoramiento y la conservación de recursos genéticos forestales. Como objetivo general, se espera consolidar una plataforma de herramientas moleculares y servicios, para el apoyo a la gestión de programas de mejoramiento genético, para el impulso a la productividad y competitividad de empresas forestales en la región latinoamericana. El proyecto iniciará con la consolidación del uso de marcadores moleculares SSR (microsatélites) en teca y melina, para su uso a escala operativa, mediante la identificación de genotipos y determinar el parentesco en las poblaciones de mejoramiento. Como una segunda línea de trabajo, se buscará revisar la asociación de los SNPs detectados durante la reciente secuenciación de la teca, con regiones genómicas de importancia económica, como tasa de crecimiento, propiedades de la madera, color de la madera, resistencia a enfermedades, resistencia al cambio climático, entre otros. Para lograr el uso de los SNPs, será necesaria su conversión en marcadores genéticos de uso comercial. Como parte importante de cada paso del proyecto, se realizará una validación de todos los marcadores genéticos,

previo a su uso comercial. Se espera iniciar con las colecciones genéticas de GENFORES en el TEC, así como de las empresas miembro de la cooperativa. Donde se espera consolidar la identidad de las colecciones élite, así como determinar el status de parentesco o consanguinidad de cada una de las poblaciones de mejoramiento.

Palabras clave: *Mejoramiento genético, Tectona grandis, Gmelina arborea, marcadores moleculares, secuenciación*

Abstract

The project will be developed with the support and accumulated work of GENFORES over the last 10 years in the development of molecular tools to support the improvement and conservation of forest genetic resources. The general objective is to consolidate a platform of molecular tools and services to support the management of genetic improvement programs to boost the productivity and competitiveness of forestry companies in the Latin American region. The project will begin with the

consolidation of the use of SSR molecular markers (microsatellites) in teak and melina, for use on an operational scale, by identifying genotypes and determining parentage in breeding populations. As a second line of work, the association of SNPs detected during the recent sequencing of teak with genomic regions of economic importance, such as growth rate, wood properties, wood color, disease resistance, resistance to climate change, among others, will be reviewed. To achieve the use of the SNPs, it will be necessary to convert them into genetic markers for commercial use. As an important part of each step of the project, all genetic markers will be validated prior to their commercial use. It is expected to start with the genetic collections of GENFORES at TEC, as well as those of the member companies of the cooperative. It is expected to consolidate the identity of the elite collections, as well as to determine the kinship or consanguinity status of each of the breeding populations.

Key words: *tree breeding, Tectona grandis, Gmelina arborea, genetic markers, sequencing, genomics.*

PROYECTO 37: Identificación y manejo integrado de las principales plagas forestales presentes en sistemas productivos forestales de Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Otras Ciencias Naturales

Escuelas participantes:

Proponente Escuela Ing. Forestal

Investigador Coordinador: María Rodríguez Solís

Correo: maria.rodriguez@tec.ac.cr

Resumen

En Costa Rica se han realizado grandes inversiones en el establecimiento y manejo de plantaciones forestales y otros sistemas productivos con el fin de abastecer al país de madera y brindar otros servicios ambientales. Dichos sistemas, generalmente son muy homogéneos, lo que los hace susceptibles al ataque por plagas y enfermedades. La Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica ha liderado las actividades relacionadas con la sanidad forestal en el país, donde, hasta el año 2015, se reportaron un total de 1310 especies de plagas insectiles, 347 especies de patógenos, 40 vertebrados y 9 muérdagos, atacando 136 especies forestales. Sin embargo, en estos informes se reportan algunos individuos identificados únicamente a nivel de género o incluso hay registros de especies sin identificar. Además, el manejo y control de estas plagas es limitado o mínimo, principalmente por desconocimiento y falta de información.

Es por esta razón que el presente proyecto pretende elaborar una base de datos sobre plagas en sistemas forestales productivos de Costa Rica que incluya información actualizada, confiable y de fácil acceso. Además, se realizará la

identificación completa (morfológica y molecular) de nuevos especímenes reportados como plagas.

A través de encuestas a productores, se determinarán las plagas prioritarias para los cultivos de teca, melina, ciprés y para las tarimas como producto final elaborado. Con base en estas encuestas y en recopilación de información se propondrán paquetes tecnológicos para soluciones a los problemas fitosanitarios encontrados, mediante el Manejo Integrado de Plagas (MIP). Se realizará un análisis financiero del costo de implementar este esquema de MIP y finalmente como parte de las estrategias para reducir la dependencia de productos químicos en el control de enfermedades, se buscará la aplicabilidad del control biológico mediante la búsqueda e identificación de microorganismos endófitos que tengan potencial de ser biocontroladores de patógenos forestales.

Los resultados obtenidos a través de días de campo, actividades de difusión y artículos científicos se integrarán y complementarán con los alcances de proyectos de investigación realizados por GENFORES y el Grupo de Silvicultura intensiva del TEC.

Cabe mencionar que este proyecto es congruente con las metas a nivel nacional del cumplimiento de los Objetivos de

Desarrollo Sostenible (ODS principalmente: 3.9; 12.2 y 15.2), el plan de descarbonización 2018-2050, la estrategia de Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación (REDD+) y el cumplimiento del Decreto Ejecutivo 41772 – MINAE, Principios rectores del sector forestal productivo.

Palabras clave: *Control biológico, enfermedades, plagas, Sanidad Forestal, silvicultura.*

Abstract

In Costa Rica, large investments have been made in the establishment and management of forest plantations and other production systems in order to supply the country with wood and provide other environmental services. These systems are generally very homogeneous, which makes them susceptible to attack by pests and diseases. The School of Forest Engineering of the Technological Institute of Costa Rica has led activities related to forest health in the country, where, up to 2015, a total of 1,310 insect species, 347 species of pathogens, 40 vertebrates and 9 mistletoes have been reported attacking 136

forest species. However, in these reports some individuals are identified only to the genus level and other have unidentified species. In addition, the management and control of these pests is limited or minimal, mainly due to ignorance and lack of information.

It is for this reason that this project aims to develop a database on pests in productive forest systems in Costa Rica that includes updated, reliable and easily accessible information. In addition, the complete identification (morphological and molecular) of new specimens reported as pests will be carried out.

Through producer surveys, priority pests will be determined for teak, melina, cypress crops and for pallets as a final product. Based on these surveys and the collection of information, technological packages will be proposed for solutions to the phytosanitary problems found, through Integrated Pest Management (IPM). A financial analysis of the cost of implementing this IPM scheme will be carried out and finally, as part of the strategies to reduce dependence on chemical products in disease control, the applicability of biological control will be sought through the search and identification of endophytic microorganisms that have potential to be biocontrollers of forest pathogens.

The results obtained through field days, dissemination activities and scientific articles will be integrated and complemented with the scope of research projects carried out by GENFORES and the TEC Intensive Forestry Group.

It is worth mentioning that this project is consistent with the national goals for compliance with the Sustainable Development Goals (SDGs: 3.9, 12.2, 15.2) the 2018-2050 decarbonization plan, the Strategy for Reducing Emissions from Deforestation and Degradation (REDD+) and the compliance with Executive Decree 41772 – MINAE, Guiding principles of the productive forestry sector.

Key words: *Biological control, diseases, pests, Forest Health, forestry.*

PROYECTO 38: Restauración silvicultural de los bosques secundarios de Guanacaste - Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Agricultura, forestería y pesca

Escuelas participantes:

Proponente Escuela Ing. Forestal

Investigador Coordinador: Ruperto Quesada Monge

Correo: rquesada@tec.ac.cr

Resumen

Se estudiará la restauración silvicultural de bosques secundarios ubicados en la provincia de Guanacaste en Costa Rica, con cuatro objetivos específicos: el primero promover y acelerar los procesos biológicos que disminuyan el tiempo de restauración de la vegetación arbórea, el segundo producir cambios en la estructura y composición que favorezcan el uso de los bosques, el tercero monitorear la permanencia y aumento de las áreas con bosque secundario en el paisaje y el cuarto desarrollar una estrategia de comunicación con los actores del sector forestal. Esta nueva propuesta tiene como base el proyecto de Ecología y Manejo del bosque secundario en Costa Rica.

Para lograr los objetivos se cuenta con la primera medición en tres bloques establecidos durante la ejecución de un proyecto de investigación anterior; cada bloque cuenta con cuatro tratamientos silviculturales: liberación, enriquecimiento, aprovechamiento forestal y, un testigo. Se ejecutará un inventario forestal en cada una de las parcelas, a cada individuo con un diámetro superior a 5 cm, se medirá el diámetro a 1,30 m de altura del suelo con cinta diamétrica, se identificará la especie y se asignará una evaluación de la forma. Los datos de

los tratamientos en cada bloque serán digitados para calcular el área basal por hectárea. Con esa información, se procederá a la elaboración del Plan General de Manejo y los respectivos planes operativos; se empleará la metodología del Código de Prácticas de los Estándares de Sostenibilidad para el manejo del bosque secundario publicada en el Resolución Administrativa RA-SINAC-CONAC-015-2017 (MINAE, 2018). Con eso listo se prepara la logística y se ejecutará el aprovechamiento forestal bajo una estricta supervisión. Una vez concluida la operación de aprovechamiento se procederá a la aplicación del muestreo diagnóstico. Una vez aplicados todos los tratamientos silviculturales, se realizará una medición de las 20 parcelas permanentes de muestro con la finalidad de establecer una línea base de la cobertura boscosa. Se elaborarán mapas de cobertura en cada uno de los sitios. Se realizará un análisis de varianza para un diseño con bloques completos al azar (tres repeticiones por tratamiento) con la información recolectada, para determinar la respuesta de la masa forestal según el tratamiento aplicado. Se diseñará un protocolo para el monitoreo del comportamiento de la masa forestal presente en los cinco bloques establecidos mediante la utilización de vehículos aéreos no tripulados (VANT).

El impacto de los resultados de este proyecto serán referentes para el manejo del bosque secundario en la Región Centroamericana.

Palabras clave: *Bosque secundario tropical, restauración de bosques, ecología forestal.*

Abstract

The silvicultural restoration of secondary forests located in the province of Guanacaste located in the province of Guanacaste in Costa Rica will be studied, with four specific objectives: the first to promote and accelerate the biological processes that reduce the time of restoration of the arboreal vegetation, the second to produce changes in the structure and composition that favor the use of forests, the third to monitor the permanence and increase of areas with secondary forest in the landscape and the fourth to develop a communication strategy with the actors of the forestry sector.

To achieve the objectives, there is the first measurement in three blocks established during the execution of another

previous research project; each block has four silvicultural treatments: liberation, enrichment, forest use and a witness. A forest inventory will be carried out in each of the plots, for each individual greater than 5 cm in diameter, the diameter will be measured at 1.30 m from the ground with a diameter tape, the species will be identified, and an evaluation of the form will be assigned. The treatment data in each block will be entered to calculate the basal area per hectare. With this information, the General Management Plan and the respective operational plans will be prepared; the methodology of the Code of Practices of Sustainability Standards for the management of secondary forests published in Administrative Resolution RA-SINAC-CONAC-015-2017 (MINAE, 2018) will be used. The silvicultural restoration of secondary forests located in the province of Guanacaste in Costa Rica will be studied, with four specific objectives: the first to promote and accelerate the biological processes that reduce the time of restoration of the arboreal vegetation, the second to produce changes in the structure and composition that favor the use of forests, the third to monitor the permanence and increase of areas with secondary forest in the landscape and the fourth to develop a communication strategy with the actors of the forestry sector. To achieve the objectives, we have the first measurement in three blocks established

during the execution of another previous research project; each block has three silvicultural treatments: liberation, enrichment, forest use and a control. A forest inventory will be carried out in each of the plots, for each individual greater than 5 cm in diameter, the diameter will be measured at 1.30 m from the ground with a diameter tape, the species will be identified and an evaluation of the shape will be assigned. The treatment data in each block will be entered to calculate the basal area per hectare. With this information, the General Management Plan and the respective operational plans will be prepared; The methodology of the Code of Practices of Sustainability Standards for the management of secondary forests published in Administrative Resolution RA-SINAC-CONAC-015-2017 (MINAE, 2018) will be used. With that ready, the logistics are prepared, and the forest exploitation will be carried out under strict supervision. Once the exploitation operation is concluded, the diagnostic sampling will be applied. Once all the silvicultural treatments have been applied, a measurement of the 20 permanent sampling plots will be carried out in order to establish a base line of forest cover. Coverage maps will be prepared at each of the sites. An analysis of variance will be performed for a randomized complete block design (three replications per treatment) with the information collected, to determine the

response of the forest mass according to the treatment applied. A protocol will be designed to monitor the behavior of the forest mass present in the five established blocks through the use of unmanned aerial vehicles (UAV).

The impact of the results of this project will be a benchmark for secondary forest management in the Central American Region.

Key words: *Tropical secondary forest, forest restoration, forest ecology.*

PROYECTO 39: Cultivo comercial del árbol Hevea brasiliensis (Willd. ex A.Juss.) para la producción de caucho natural en zonas rurales de Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2025

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Agricultura, forestería y pesca

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Química

Investigador Coordinador: Dagoberto Aguilar Arias

Correo: darias@tec.ac.cr

Resumen

El proyecto atiende la necesidad de generar conocimiento técnico y científico para el cultivo comercial del árbol de hule, en sistemas agroforestales y plantaciones puras, como estrategia de reactivación económica en zonas rurales de impacto de los campus tecnológicos del TEC. Se busca impactar en la reactivación económica ya que por un lado, el modelo actual de desarrollo de la economía rural, está centrado a nivel nacional en las prácticas de agricultura y ganadería extensivas, donde es común encontrar a nivel de las familias rurales una actividad productiva a pequeña escala y mayoritariamente de subsistencia, sumado a una baja oferta productiva para atraer inversiones y generar una cartera de proyectos. Resulta urgente según lo definido por MIDEPLAN, trabajar en nuevas opciones productivas que tengan un mercado definido y con posibilidades de exportación de productos mediante empresas tractoras. Resulta evidente que a la ganadería y la agricultura extensiva deben experimentar transformaciones de las opciones tradicionales para mantener la productividad ante fluctuaciones de mercado, situaciones geopolíticas y la variabilidad climática; por lo tanto, el país debe repensar en el futuro inmediato, cuáles serán las opciones productivas para las tierras degradadas que quedarán en

abandono en las zonas rurales. Desde el punto de vista ecológico se podría pensar que estas tierras pueden ser convertidas en nuevos bosques lo cual tiene fortalezas, pero limita las opciones agroproductivas de corto y mediano plazo para los propietarios. El segundo aspecto está relacionado con los vacíos que el modelo de desarrollo económico posee por la desigual participación y contribución de las mujeres en la cadena productiva; intervienen razones sociales, culturales, económicas, formativas y de oferta laboral entre otras, pero probablemente el enfoque de género heredado ha sido uno de los de mayor impacto en la baja inclusión de la mujer en el actual modelo de desarrollo rural del país. Este enfoque de género varía según la geografía y los polos de desarrollo económico del país, pero es evidente y tangible que, en

todas las zonas rurales, este enfoque de género es significativamente más bajo, debido a la combinación de los efectos de la idiosincrasia social y baja o nulas oportunidades productivas que provocan esta desequilibrada situación.

El árbol de hule es un cultivo comercial originario de Brasil y se ha extendido en las zonas tropicales y su uso en sistemas agroecológicos puede brindar beneficios ecosistémicos en refuerzo a la conectividad de los agrosistemas, permitiría

además adaptar la distribución o densidad para el asocio con diferentes cultivos o para arreglos silvopastoriles. Genera por muchos años una cobertura ya que no se requiere de la corta del árbol para su aprovechamiento, siendo que el interés principal es su látex y su extracción no demanda un esfuerzo laboral extenuante ni el uso de maquinaria para su cosecha. Pero a largo plazo llegando al final del ciclo de vida, la madera es aprovechable también y tiene un valor apreciable. Para contribuir al desarrollo rural con igualdad e impactar en la reactivación productiva de pequeños y medianos productores, la presente propuesta busca fortalecer un nuevo modelo integrado laboral-productivo-participativo basado en el cultivo del árbol de *Hevea brasiliensis*, con la generación de conocimiento nuevo sobre las mejores prácticas del cultivo, así como los métodos de producción y extracción para la comercialización del látex con estándares de calidad y buscando el mayor valor agregado para la industrialización. Lo anterior con un reto muy claro: el modelo a desarrollar tiene que ser sostenible y contribuir al bienestar de las familias rurales en el tiempo.

Palabras clave: *caucho natural, Hevea brasiliensis, látex, sistemas agroforestales*

Abstract

The project addresses the need to generate technical and scientific knowledge for the commercial cultivation of rubber trees, in agroforestry systems and pure plantations, as a strategy for economic reactivation in rural areas impacted by TEC's technological campuses.

On the one hand, the current model of development of the rural economy is focused at the national level on extensive agricultural and livestock practices, it is common to find at the level of rural families a small-scale productive activity and mostly subsistence, coupled with a low productive supply to attract investment and generate a portfolio of projects. Therefore, there is an urgent need for new production options with a defined market and export possibilities through tractor companies.

It is evident that livestock and extensive agriculture are running out of traditional options to maintain productivity in the face of market fluctuations and climate variability, so the country must rethink in the immediate future, what will be the productive

options for the degraded lands that will be abandoned in rural areas. From the ecological point of view, it could be thought that these lands could be converted into new forests, which has strengths, but limits the short and medium term agro-productive options for landowners.

The second aspect is related to the gaps in the economic development model due to the unequal participation and contribution of women in the production chain; there are social, cultural, economic, training and labor supply reasons, among others, but probably the inherited gender focus has been one of the most important factors in the low inclusion of women in the country's current rural development model. This gender focus varies according to geography and the country's economic development poles, but it is evident and tangible that, in all rural areas, this gender focus is significantly lower, due to the combination of the effects of social idiosyncrasy and low or null productive opportunities that cause this unbalanced situation.

The rubber tree is a commercial crop that originated in Brazil and has spread in tropical zones and its use in agroecological systems provides ecosystem benefits in reinforcing the connectivity of the agrosystems, it also allows adapting the distribution or density for the association with different crops or

for silvopastoral arrangements, it is not necessary to cut the tree for its use, since the main interest is its latex that does not demand a strenuous labor effort or the use of machinery for its harvesting. Of course, at the end of its life cycle, the wood can also be harvested.

In order to contribute to rural development with equality and impact on productive reactivation, this proposal seeks to strengthen a new integrated labor-productive-participatory model based on the cultivation of *Hevea brasiliensis*, with the generation of knowledge on the best practices of the crop, as well as the methods of production and extraction for the commercialization of latex with quality standards and seeking the highest added value for industrialization. The above with a very clear

challenge: the model to be developed must be sustainable and contribute to the welfare of rural families over time.

Key words: *natural rubber, natural rubber, Hevea brasiliensis, latex, agroforestry systems*

PROYECTO 40: Desarrollo de proceso tecnológico para la carbonización superficial de la madera de tres especies forestales

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Ciencias Químicas

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Química

Investigador Coordinador: Carolina Tenorio Monge

Correo: ctenorio@tec.ac.cr

Resumen

La carbonización superficial implica una modificación de las propiedades físicas y químicas de la superficie de la madera sin introducir ningún producto químico para que no haya un impacto nocivo para en el ambiente y la salud humana. El proceso consiste en carbonizar la superficie de la madera mediante el uso de una placa de metal a una temperatura de 200 a 400 °C y así disminuir los efectos del intemperismo y la degradación por hongos e insectos. Especies como *Cupressus lusitanica*, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis* son ampliamente utilizadas en la reforestación comercial, sin embargo, aún se carece de propuestas de productos para aumentar el valor agregado de estas especies. Esta propuesta de investigación tiene el objetivo de desarrollar y evaluar un proceso tecnológico que permita la carbonización superficial de la madera de las especies mencionadas anteriormente para ser utilizadas como revestimiento en edificaciones. La

información generada con este proyecto fortalecerá el sector forestal y de construcción del país, al contar con un tratamiento para mejorar la resistencia a la intemperie de la madera que no incluye el uso de reactivos químicos por lo que no tendrá un impacto negativo en el medio ambiente ni en la salud humana.

El proyecto consiste de dos etapas: en la primera etapa se hará una evaluación de las condiciones experimentales óptimas de carbonización superficial y se evaluarán las características físico-químicas de la madera carbonizada (densidad, dureza, contenido de humedad, poder calorífico, cenizas, volátiles y componentes químicos mediante un análisis elemental de contenido en carbono, nitrógeno, hidrógeno, azufre y oxígeno y por análisis de FT-IR y de la composición química). En la segunda etapa, con los valores obtenidos de estas propiedades en las diferentes condiciones de carbonización utilizadas se determinará la condición óptima para cada especie, lo cual servirá para el diseño de un equipo semi-industrial para carbonizar superficialmente piezas de madera de hasta 60 cm de largo. En esta etapa nuevamente se evaluará la calidad de la superficie carbonizada, pero en condiciones de intemperie para observar el efecto de la foto degradación natural.

Palabras clave: *madera modificada, pirolisis baja, producto para intemperie, madera plantada, madera tropical*

Abstract

Superficial carbonization implies a modification of the physical and chemical properties of the Wood surface without introducing any chemical product so that there is no harmful impact on the environment and human health. The process consists of carbonizing the surface of the wood using

a hot iron flat at a temperature of 200 to 400 °C, and thus reducing the effects of weathering and degradation by fungi and insects. Species such as Cupressus lusitanica, Gmelina arborea and Tectona grandis are widely used in commercial reforestation, however, lack of end-products to increase the added value of these species. This research proposal has the objective of developing and evaluating a technological process that allows the superficial carbonization of the wood of the species above mentioned to be used as cladding in buildings. The information generated with this project will strengthen the country's forestry and construction sector, by having a treatment to improve the weather resistance of wood that does not include the use of chemical reagents, so it will not have a negative impact on the environment. or human health. The project consists of two

phases: in the first stage, an evaluation of the optimal experimental conditions of superficial carbonization will be made and the physical-chemical characteristics of the carbonized wood will be evaluated (density, hardness, moisture content, calorific value, ashes, volatile and chemical

components by elemental analysis of carbon, nitrogen, hydrogen, sulfur and oxygen content and by FT-IR analysis and the chemical composition. In the second stage, with the values obtained from these properties under the different conditions of carbonization used, the optimal condition for each species will be determined, which will serve for the design of a semi-industrial equipment to for surface charring pieces of wood up to 60 cm long. In this stage, the quality of the carbonized surface will be evaluated again, but in weather conditions to observe the effect of natural photo degradation.

Key words: *wind*

PROYECTO 41: Manejo integrado de la marchitez de la melina (*Gmelina arborea* Roxb.) y de la muerte descendente de la teca (*Tectona grandis* L.)

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2025

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Agricultura, forestería y pesca

Escuelas participantes:

Proponente Escuela Ingeniería Forestal

Participante Escuela Biología

Investigador Coordinador: Olman Murillo Gamboa

Correo: omurillo@tec.ac.cr

Resumen

Una nueva estrategia se ha desarrollado para plantar melina a gran escala en el caribe y zona norte del país, sin embargo, la marchitez de la melina causada por el *Ceratocystis* spp, ha desmotivado a los productores a invertir en su plantación, ya que la afectación sobrepasa el 60% de la producción. La teca sido la madera de mayor exportación del país, (más de \$30 millones anuales), pero el llamado síndrome de la muerte terminal (de causa aún indeterminada), puede llegar a infectar hasta un 15% de cada plantación en algunas regiones.

En la fase anterior de investigación, se logró identificar al *Ceratocystis* como agente causal de la marchitez de la melina. En teca se continúa con tres patógenos asociados, pero aún sin confirmar el agente causal. Se logró refinar los protocolos de infección de estos patógenos y se logró determinar un primer grupo de 10 genotipos de melina, altamente tolerantes al hongo. Esta propuesta se basará en los logros alcanzados y continuará para optimizar protocolos y lograr alcanzar el objetivo final, cual es el, encontrar clones altamente tolerantes o resistentes al patógeno.

El proyecto realizará en su primer año, una colecta amplia en distintas regiones geográficas, de los patógenos que afectan a

ambas especies. Se determinará cuáles son los aislados (cepas) de mayor patogenicidad, para proseguir con la evaluación amplia en toda la colección de GENFORES, para ampliar la colección de clones tolerantes. El TEC logra ya con este gran paso, iniciar con una primera solución al problema fitosanitario.

El proyecto avanzará hacia el desarrollo de cruces controlados en melina, entre el material élite de alto rendimiento vs materiales tolerantes a la enfermedad. Para esto se continuará, en ambas especies, con los trabajos de estimulación de la floración de árboles injertados en potes, para facilitar los trabajos de cruzamientos. Todos los trabajos ocurrirán bajo condiciones controladas en los invernaderos de investigación forestal del TEC en su sede en San Carlos.

Se incluirá una línea de trabajo que consistirá en estudiar el efecto de la aplicación de biocontroladores (*Trichoderma* y otros), tanto en la fase de reproducción clonal en invernadero, como en el establecimiento de las plantaciones. Este grupo de biocontroladores forma parte de los avances del Centro de Inv. en Biotecnología del TEC, en la prevención y control de *Ceratocystis* en otros cultivos.

Los esfuerzos de investigación en resistencia genética a enfermedades, que GENFORES ha desarrollado por más de 6 años, están logrando finalmente a dar sus frutos y brindar un camino de

solución al grave problema de las enfermedades forestales. Esto ha implicado una permanencia y disciplina de trabajo a largo plazo, única manera de alcanzar un verdadero conocimiento y expertiz. El sector forestal depende de nuestro soporte técnico en estos temas. Costa Rica es ya el líder, el referente en esta materia de teca y melina a nivel regional.

Palabras clave: *mejoramiento genético, Tectona grandis, Gmelina arborea, resistencia genética, patología*

Abstract

A new strategy has been developed to plant melina on a large scale in the Caribbean and northern part of the country; however, melina wilt caused by *Ceratocystis* spp. has discouraged producers from investing in its plantation, since the disease affects more than 60% of production. Teak is the country's most exported timber (more than \$30 million annually),

but the so-called terminal death syndrome (cause still undetermined) can infect up to 15% of each plantation in some regions.

In the previous research phase, *Ceratocystis* was identified as the causal agent of melina wilt. In teak, we continue with three associated pathogens, but the causal agent has not yet been confirmed. The infection protocols for these pathogens were refined and a first group of 10 melina genotypes, highly tolerant to the fungus, was determined. This proposal will be based on the achievements made and will continue to optimize protocols and achieve the final objective, which is to find clones highly tolerant or resistant to the pathogen.

In its first year, the project will carry out a broad collection of pathogens affecting both species in different geographical regions. It will determine which isolates (strains) are the most pathogenic, to continue with the broad evaluation of the entire GENFORES collection, in order to expand the collection of tolerant clones. With this major step, TEC has already achieved a first solution to the phytosanitary problem.

The project will advance towards the development of controlled crosses in melina, between high yielding elite material vs. disease tolerant materials. For this purpose, work will continue,

in both species, on the stimulation of flowering of trees grafted on pots, to facilitate the work of crosses. All work will take place under controlled conditions in the TEC's forestry research greenhouses at its headquarters in San Carlos.

A line of work will be included that will consist of studying the effect of the application of bio-controllers (*Trichoderma* and others), both in the clonal reproduction phase in greenhouses and in the establishment of plantations. This group of bio-controllers is part of the advances of the Biotechnology Research Center of TEC in the prevention and control of *Ceratocystis* in other crops.

The research efforts in genetic resistance to diseases, which GENFORES has been developing for more than 6 years, are finally bearing fruit and providing a solution to the serious problem of forest diseases. This has implied permanence and long-term work discipline, the only way to achieve true knowledge and expertise. The forestry sector depends on our technical support in these matters. Costa Rica is already the leader, the reference in this matter of teak and melina at regional level.

Key words: *breeding, Tectona grandis, Gmelina arborea, genetic resistance, pathology*

PROYECTO 42: Reducción de las emisiones de gases contaminantes en el proceso de carbonización de madera proveniente de 5 especies de reforestación de Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Agricultura, forestería y pesca

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Forestal

Participante Escuela de Química

Investigador Coordinador: Roger Moya Roque

Correo: rmoya@tec.ac.cr

Resumen

Existe un marcado interés en buscar procesos para disminuir los gases efecto invernadero y la reducción de los contaminantes dentro de las ciudades, así las industriales buscan producir materias primas de una forma más sostenible, evidenciando de esta manera un aporte a los objetivos de Estrategia Nacional de Bioeconomía Costa Rica 2020-2030, específicamente en energía asequible y no contaminante (Obj 7), acción por el clima (Obj 13) y producción y consumo responsable (Obj 12). En Costa Rica es frecuente que los procesos de carbonización se instalen próximos a los poblados, no obstante, se le señalan problemas por presentar altas emisiones (humo) durante casi todo el año debido a que la producción es anual. Aunque el carbón tiene una connotación de uso energético en la actualidad es utilizado para muchos fines, tales como remediación de suelos y adsorbente de contaminantes. Además de esto, el carbón se caracteriza por producir carbón de madera proveniente de residuos de bosque natural, la cual es una fuente cada vez más limitada. Por tales razones, el presente estudio tiene como objetivo disminuir las emisiones de gases contaminantes del proceso de carbonización mediante el establecimiento de las condiciones óptimas para la carbonización de 5 especies de plantaciones

forestales (Gmelina arborea, Tectona grandis, Hieronyma alchorneoides, Cupressus lusitanica y Dipteryx panamensis) y el diseño de un reactor industrial de 2 m³ donde los gases pirolíticos provenientes de la carbonización se aprovechen, en lugar de emitirlos directamente a la atmósfera, logrando así el objetivo de disminuir la contaminación atmosférica asociada al proceso. En la primera etapa se hará la evaluación de las condiciones experimentales óptimas de carbonización en la cual se determinará el rendimiento en producción de carbón y las características físico-químicas (densidad, dureza, contenido de humedad, poder calorífico, cenizas y volátiles y componentes químicos mediante un análisis elemental de contenido en carbono, nitrógeno, hidrógeno, azufre y oxígeno y por análisis de FT-IT y termogravimetría) del carbón producido de las 5 maderas de especies de rápido crecimiento utilizadas para reforestación en Costa Rica. En la segunda etapa, considerando los resultados de la primera etapa (determinación de las condiciones de carbonización) se construirá un reactor semiindustrial de carbonización de bajo costo, con una capacidad de 2 m³, donde los gases pirolíticos sean utilizados para impulsar el proceso de carbonización, minimizando los gases emitidos al ambiente. Este reactor constará de 3 cámaras, que operarán en modo cíclico, que le permita un

funcionamiento energéticamente autónomo, continuo e indefinido al reactor, optimizando la eficiencia energética, el rendimiento,

emisiones, trabajo y tiempo. En esta etapa nuevamente será evaluada la calidad del carbón producido considerando los parámetros que fueron determinados en la primera etapa.

Palabras clave: *biomasa, bioenergía, cambio climático, carbón vegetal, Costa Rica, energías renovables, pirólisis*

Abstract

There is a marked interest in seeking processes to reduce greenhouse gases and the reduction of pollutants within cities, thus industrial companies seek to produce raw materials in a more sustainable way, thus evidencing a contribution to the objectives of the National Strategy for Bioeconomy Costa Rica 2020-2030, specifically in affordable and non-polluting energy (Obj 7), climate action (Obj 13) and responsible production and consumption (Obj 12). In Costa Rica it is common for carbonization processes to be installed close to towns, however,

problems are reported for presenting high emissions (smoke) during almost the entire year due to the fact that production is annual. Although coal has a connotation of energy use, it is currently used for many purposes, such as soil remediation and contaminant adsorbent. In addition to this, charcoal is characterized by producing wood charcoal from natural forest residues, which is an increasingly limited source.

For these reasons, the present study aims to reduce the emissions of polluting gases from the carbonization process by establishing the optimal conditions for the carbonization of 5 species of forest plantations (*Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Hieronyma alchorneoides*, *Cupressus lusitanica* and *Dipteryx panamensis*) and the design of a 2 m³ industrial reactor where the pyrolytic gases from carbonization are used, instead of emitting them directly into the atmosphere, thus achieving the objective of reducing atmospheric pollution associated with the process. In the first stage, the evaluation of the optimal experimental carbonization conditions will be carried out, in which the yield in coal production and the physical-chemical characteristics (density, hardness, moisture content, calorific power, ashes and volatiles, and chemical components) will be determined. by elemental analysis of carbon, nitrogen,

hydrogen, sulfur and oxygen content and by FT-IT and thermogravimetry analysis) of the carbon produced from the 5 fast-growing species of wood used for reforestation in Costa Rica. In the second stage, considering the results of the first stage (determination of carbonization conditions), a low-cost semi-industrial carbonization reactor will be built, with a capacity of 2 m³, where pyrolytic gases are used to drive the carbonization process, minimizing the gases emitted into the environment. This reactor will consist of 3 chambers, which will operate in a cyclical mode, which will allow the reactor to operate autonomously, continuously and indefinitely, optimizing energy efficiency, performance, emissions, work and time. In this stage, the quality of the coal produced will be evaluated again considering the parameters that were determined in the first stage.

Key words: *biomass, bioenergy, climate change, charcoal, Costa Rica, renewable energies, pyrolysis.*

PROYECTO 43: Incremento de la competitividad de la reforestación comercial en Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de marzo 2022 al 28 de febrero del 2025

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Agricultura, forestería y pesca

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Forestal

Participante Escuela de Diseño Industrial

Investigador Coordinador: Dr. Edgar Ortiz Malavasi

Correo: eortiz@tec.ac.cr

Resumen

La tasa de reforestación comercial en Costa Rica ha descendido progresivamente desde principios de esta década lo que está ocasionando una reducción en la oferta de madera para el mercado nacional, aumentando el riesgo de tala ilegal en nuestras áreas protegidas, así como una pérdida de oportunidades de empleo, así la salida de divisas para el país por la importación de madera.

En concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (2011-2020), el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) ha asignado recursos para reforestar 7.000 ha por año, y plantar 750,000 árboles en sistemas agroforestales por año, sin embargo solo se ha podido alcanzar en promedio un 50% de esta meta. Por otro lado, se estima que actualmente existen solo 75 mil hectáreas de plantaciones forestales remanentes, pero se desconoce su productividad (especies, existencias y calidad).

Se ha propuesto que las principales causas de los problemas de la actividad de reforestación como actividad económica para los pequeños y medianos productores, podrían ser:

- a) la falta de productos de alto valor agregado que mejoren los ingresos a los productores forestales.
- b) el largo plazo propio de las actividades forestales con los subsecuentes problemas de liquidez para los productores.
- c) los altos costos para incrementar la productividad de las actividades forestales de reforestación comercial, en la cantidad y calidad adecuadas, y por otro lado.
- d) la falta de mercados competitivos en donde colocar los productos y servicios derivados de las actividades forestales.

Este proyecto tiene como objetivo incrementar la competitividad de la reforestación comercial en Costa Rica con el propósito de satisfacer las necesidades de productos forestales de la sociedad costarricense, así como brindar a la misma la oportunidad incrementar las remociones de gases de efecto invernadero y así cumplir con las metas de carbono neutralidad del país. Específicamente

el proyecto busca concentrarse en a) incrementar la productividad de la reforestación comercial, b) desarrollar y probar un sistema de financiamiento para la reforestación comercial que permita dar solución a las deficiencias

detectadas en el actual sistema de PSA-reforestación, y c) desarrollar

productos de madera de plantaciones de alto valor agregado que mejoren los ingresos a los productores forestales.

Palabras clave: *Productividad plantaciones forestales, Mecanismos de financiamiento forestal, innovación en productos de madera*

Abstract

Forest plantations for commercial uses in Costa Rica have decrease progressively in the last decade creating a reduction in the offer of wood for the local market, and an increment in the risks of illegal logging in natural forest, as well as the loss of employment and an increase the importation of wood and wood products.

According to the Forestry National Plan for Costa Rica (2011-20120), the “Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)” has assigned every year sources to reforest 7,000 ha, and to plant 750,000 trees in agroforestry systems,

however, only 50% of these resources have been utilized by the land-owners. In the same way, it is estimated that at the present only 75 000 ha of forest plantations remain in the country, quantity that is not enough to supply the wood needs of the country in the next decade.

It has been proposed that the landowners do not have incentives to grow forest plantations in their lands due to several market and financial problems, some of them are:

- a) The lack of wood products of high market value that may allow to increase of incomes to the small and medium forest landowners or to have better prices for their timber yields.
- b) The time and the irregular distribution of the incomes proper of the forestry activities.
- c) The low productivity of the forest plantations in the country and/or the high costs that forest producers has to overcome to increase the productivity of their forest plantations, and the
- d) Lack of competitive markets for the wood products in the country, including the growing use of substitute products in construction, furniture, energy production, etc.

The general objective of this project is to increase the competitiveness of the commercial reforestation activities in Costa Rica in order to satisfy the needs of forest products as well as to increase the REDD+ emission reductions (ERs) of the country. The project has three specific objectives: a) increase the productivity of the forest plantations, b) develop and test a financial mechanism able to correct the deficiencies detected in the current payment for environmental services program (PES), and c) develop innovative high market value wood products, that may increase the incomes of the plantation landowners.

Key words: *Forest Plantations Productivity, Forestry Financial Mechanisms, Innovation in Forest products*

PROYECTO 44: Metodología no destructiva para evaluación de patologías asociadas al concreto, tomando como referencia el valor de BHI en estructuras de puentes.

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ingeniería Civil

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería en Construcción

Investigador Coordinador: Ing. Giannina Ortiz Quesada

Correo: gortiz@tec.ac.cr

Resumen

Una vez realizada la etapa de inspección visual de estructuras de puentes y la asignación de un índice de salud, es necesario identificar para aquellas estructuras que presentan daños importantes y cuya calificación es inaceptable o deficiente, las posibles causas del deterioro, de forma tal que se analicen las diferentes patologías, con el fin de atender apropiadamente las estructuras, de forma tal que los recursos asociados a la intervención sean utilizados adecuadamente.

Con esta propuesta, se pretende establecer una metodología de evaluación detallada para los elementos de concreto, al ser el material principal (80% de los puentes) en la construcción de puentes en Costa Rica, esta evaluación detallada permitirá establecer un índice de la condición de estos elementos, indicadores que complementarán el trabajo que ha venido realizando el grupo de investigación eBridge, para priorización de intervenciones y apoyar la toma de decisiones por parte de los administradores de la infraestructura.

Esta metodología de evaluación incluirá el uso de técnicas o ensayos no destructivos para la caracterización de las patologías identificadas y la identificación de las posibles

causas, así como el cálculo de índices de condición para elementos seleccionados.

El análisis de las patologías y los índices que se desarrollen se propondrán líneas base para las posibles intervenciones recomendadas para atender los daños identificados.

Los beneficios que presenta esta propuesta es que se los administradores de la infraestructura de puentes tendrán más herramientas estandarizadas para mejorar la toma de decisiones.

Palabras clave: *índice de salud estructural, evaluación puentes, patologías en concreto, intervención puentes de concreto*

Abstract

Once the stage of visual inspection of bridge structures and the assignment of a health index has been carried out, it is necessary to identify for those structures that present significant damage and whose rating is unacceptable or deficient, the possible causes of deterioration, in such a way that analyze the different pathologies, in order to properly attend to the

structures, so that the resources associated with the intervention are used appropriately.

With this proposal, it is intended to establish a detailed evaluation methodology for the concrete elements, being the main material (80% of the bridges) in the construction of bridges in Costa Rica, this detailed evaluation will allow to establish an index of the condition of These elements, indicators that will complement the work carried out by the eBridge research group, to prioritize interventions and support decision-making by infrastructure managers.

This evaluation methodology will include the use of techniques or non-destructive tests for the characterization of the identified pathologies and the identification of possible causes, as well as the calculation of condition indices for selected elements. The analysis of the pathologies and the indices that are developed will propose baselines for the possible recommended interventions to address the identified damages. The benefits of this proposal is that bridge infrastructure managers will have more standardized tools to improve decision making.

Key words: *structural health, evaluation, monitoring, damage in concrete, bridge preservation.*

PROYECTO 45: Gemelo digital como herramienta de gestión del plan de conservación programada. Caso de estudio: foyer y fumadores del Teatro Nacional de Costa Rica.

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Otras Ingenierías y Tecnologías

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Participante Escuela de Diseño Industrial

Participante Escuela de Ingeniería en Computación

Investigador Coordinador: Arq. Jose Pablo Bulgarilli Bolaños

Correo: jpbulgarelli@tec.ac.cr

Resumen

Esta propuesta forma parte del proceso iniciado con el proyecto “Herramientas de gestión y conservación programada en intervenciones de bienes inmuebles patrimoniales en Costa Rica”,

desarrollado en los años 2020 y 2021. Se da continuidad a los resultados mediante la aplicación del protocolo para la formulación del Plan de Conservación Programada (PCP) con el caso de estudio: foyer y fumadores, del Teatro Nacional de Costa Rica (TN), cuya información no solo permitirá mejorar el protocolo del PCP, sino que define el alcance del gemelo digital (GD) por desarrollar posteriormente.

La propuesta consta de dos fases, con cinco objetivos, y un desarrollo de cinco años en total. La primera fase contempla un proyecto de ciencia aplicada, de dos años de ejecución, para la cual se solicita el financiamiento en la actual ronda de proyectos, y abarca los tres primeros objetivos. La segunda fase contempla un proyecto de desarrollo tecnológico, abarcando los últimos dos objetivos, con una ejecución de tres años, a presentar en una convocatoria posterior. En esta propuesta se describen las dos fases ya que es necesaria la comprensión integral del planteamiento.

El primer objetivo contempla revisar y mejorar la guía del PCP, mediante su aplicación práctica para la generación de variables de monitoreo. Para esto, se desarrolla una comparación entre la metodología planteada por el protocolo del PCP y los documentos referentes al proceso de conservación del foyer y fumadores del TN. Por otro lado, en un segundo objetivo se define la línea base del futuro gemelo digital que será una herramienta para la gestión de los procesos de seguimiento y control del PCP.

El tercer objetivo conlleva integrar la información gráfica, no gráfica y vinculada del inmueble mediante los modelos 3D planteados en el PCP relacionados a la gestión de los procesos de diagnóstico, diseño y ejecución de las intervenciones de la zona por monitorear del caso en estudio,

así como también constituir la base del primer nivel de visualización del GD. Se debe revisar y sistematizar toda la información con que cuenta el TN, así como realizar el levantamiento digital de los espacios, de acuerdo con las variables establecidas y los objetivos del plan.

En la segunda etapa o futuro proyecto de desarrollo tecnológico, se pretende definir las acciones de conservación programada que se gestionarían mediante el GD, modelar los

elementos artísticos y arquitectónicos específicos, que contenga la información de monitoreo y que a su vez serán la base del segundo nivel de visualización del GD y, se desarrollará el sistema de información y visualización digital centralizado, que permita el monitoreo del inmueble.

La propuesta considera un equipo interdisciplinario conformado por investigadores de las Escuelas de Arquitectura y Urbanismo, Diseño Industrial y Computación del TEC, en conjunto con el Departamento de Conservación del TN. Además, el proyecto es apoyado por personal del Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura del Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, de la Universidad de Sevilla; así como también de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Liège, Bélgica.

Palabras clave: HBIM, modelo 3D, sistema de información patrimonial, ciclos de monitoreo.

Abstract

This proposal is part of the process initiated with the project "Management and Preventive Conservation tools for interventions in Costa Rican heritage buildings" developed in 2020 and 2021. The results are continued through the application of the protocol for the formulation of the Programmed Conservation Plan (PCP) of the foyer and smokers of the National Theater of Costa Rica (NT), whose information not only allows the improvement of the PCP protocol, but will also facilitate the future development of a digital twin (DT).

The proposal consists of two phases, with five objectives, and a total of five years of development. The first phase involves a two-year applied science project, for which funding is being requested in the current round of projects and covers the first three objectives. The second phase contemplates a technological development project, covering the last two objectives, with a three-year execution, to be submitted in a later call for proposals. Both phases are described in this proposal since a comprehensive understanding of the approach is necessary.

The first objective is to review and improve the PCP guide, through its practical application for the generation of monitoring

variables. For this purpose, a comparison is made between the methodology proposed by the PCP protocol and the documents related to the conservation process of the foyer and smokers of the NT. On the other hand, a second objective defines the baseline of the future digital twin that will be a tool for the management of the PCP monitoring and control processes.

The third objective involves integrating the graphic, non-graphic and linked information of the property through the 3D models proposed in the PCP related to the management of the processes of diagnosis, design and execution of the interventions of the area to be monitored of the case under study, as well as constituting the basis of the first level of visualization of the DT. All the information available to the NT should be reviewed and systematized, as well as the digital survey of the spaces, in accordance with the variables established and the objectives of the plan.

In the second stage or future technological development project, the aim is to define the programmed conservation actions that would be managed through the DT, model the specific artistic and architectural elements that contain the monitoring information and that in turn will be the basis for the second level of visualization of the DT, and develop the centralized digital

information and visualization system that will allow the monitoring of the property.

The proposal considers an interdisciplinary team formed by researchers from the TEC Schools of Architecture and Urbanism, Industrial Design and Computer Science, together with the Conservation

Department of the NT. In addition, the project is supported by personnel from the Department of Architectural Graphic Expression of the University Institute of Architecture and Construction Sciences of the University of Seville, as well as from the Faculty of Architecture of the University of Liège, Belgium.

Key words: HBIM, 3D model, heritage information system, monitoring cycles.

PROYECTO 46: Caracterización de la arquitectura vernácula en madera de la ciudad de Puntarenas a partir de una perspectiva interdisciplinar

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: HUMANIDADES

Sub área: Otras Humanidades

Escuelas participantes:

Proponente Arquitectura y Urbanismo

Participante Biología

Participante Ingeniería Forestal

Investigador Coordinador: Dra. Kenia García Baltodano

Correo: kgarcia@tec.ac.cr

Resumen

La arquitectura vernácula se define como la creación arquitectónica en la cual no existe participación de un profesional; su construcción es instintiva, pragmática, utilizando materiales tradicionales y sustentables (Landa-Contreras y Segura-Contreras, 2017). Esta constituye un elemento particular e identitario de los territorios, que puede convertirse en un recurso para su aprovechamiento social, cultural y económico, todos ellos factores que pueden repercutir en el desarrollo local. Si bien en muchos países hay una tradición arraigada en cuanto a la conservación de este tipo de arquitectura, en Costa Rica es un tema poco explorado.

Una de las ciudades que aglomera gran cantidad de edificaciones de arquitectura vernácula es Puntarenas. Estos antiguos inmuebles construidos en madera presentan características y detalles arquitectónicos comunes entre ellos que brindan unidad paisajística. A pesar de la abundancia de estas edificaciones, no existen trabajos previos que profundicen en su estudio; esta ausencia de información pone en riesgo su conservación al no conocer en detalle la cantidad y condición de los inmuebles.

Si bien se trata de un recurso reconocido por la comunidad como parte de su patrimonio, se carece de herramientas legales a nivel patrimonial o de gestión urbana que promuevan su conservación. Las condiciones ambientales y las presiones al desarrollo urbano de este puerto turístico costarricense vuelven susceptibles a estas edificaciones debido a su deterioro, a los cambios de uso y demolición de los inmuebles.

El objetivo de esta investigación es caracterizar la arquitectura vernácula en madera de la ciudad de Puntarenas a partir de estudios arquitectónicos, patológicos y xilológicos que promuevan su

conservación y puesta en valor. Para ello, se plantea un abordaje interdisciplinar que vincula la arquitectura, la ingeniería forestal y la biología.

Metodológicamente, el proyecto se articula en etapas, la primera es un estudio arquitectónico que permita inventariar las edificaciones y determinar las características de la arquitectura vernácula en madera en la ciudad de Puntarenas. En la segunda etapa, se realizará un estudio patológico que permita la identificación de las lesiones en los inmuebles, así como los agentes de biodeterioro que los afectan. La tercera etapa consiste en un estudio xilológico que permita la identificación de

las maderas utilizadas en este tipo de arquitectura. Finalmente, en la cuarta etapa se integrarán los resultados de las fases anteriores para establecer relaciones en cuanto al comportamiento de las

lesiones y agentes de biodeterioro en función de los elementos arquitectónicos y tipos de madera identificados, dando cabida a nuevas investigaciones que den seguimiento a la línea de trabajo sobre conservación del patrimonio en la que se ha venido avanzando en los últimos años desde las escuelas participantes.

Como productos se espera obtener un inventario con información geolocalizada de los inmuebles estudiados; un mapa de ubicación y material de divulgación sobre este tipo de arquitectura; un informe del estudio xilológico; una colección de cepas en la micoteca del CIF; un informe del estudio de agentes de biodeterioro y dos artículos científicos, uno sobre los agentes de biodeterioro y otro, sobre la relación de resultados desde una perspectiva interdisciplinar.

Palabras clave: patrimonio vernáculo, patología de la construcción, estudio xilológico, biodeterioro, agentes biológicos.

Abstract

Vernacular architecture is defined as the architectural creation in which there is no participation of a professional; its construction is instinctive, pragmatic, using traditional and sustainable materials (Landa-Contreras and Segura-Contreras, 2017). This constitutes a particular and identifying element of the territories, which can become a resource for its social, cultural and economic use, all factors that can have an impact on local development. Although in many countries there is a deep-rooted tradition regarding the conservation of this type of architecture, in Costa Rica it is a topic that has been little explored.

One of the cities with a large number of vernacular architecture buildings is Puntarenas. These old wooden buildings have common architectural characteristics and details that provide unity in the landscape. In spite of the abundance of these buildings, there are no previous works that study them in depth;

this lack of information puts their conservation at risk by not knowing in detail the quantity and condition of the buildings.

Although it is a resource recognized by the community as part of its heritage, there is a lack of legal tools at the heritage or urban management level to promote its conservation. Environmental conditions and urban development pressures in this Costa Rican tourist port make these buildings susceptible to deterioration, changes in use, and demolition.

The objective of this research is to characterize the vernacular wooden architecture of the city of Puntarenas based on architectural, pathological and xylographic studies that promote its conservation and enhancement. To this end, an interdisciplinary approach linking architecture, forestry engineering and biology is proposed.

Methodologically, the project is articulated in stages, the first is an architectural study that will allow an inventory of the buildings and determine the characteristics of vernacular wooden architecture in the city of Puntarenas. In the second stage, a pathological study will be carried out to identify the lesions in the buildings as well as the agents of biodeterioration that affect them. The third stage consists of a xylographic study that allows the identification of the woods used in this type of architecture.

Finally, in the fourth stage, the results of the previous phases will be integrated to establish relationships regarding the behavior of the lesions and biodeterioration agents according to the architectural elements and types of wood identified, allowing for new research to follow up on the line of work on heritage conservation in which the participating schools have been advancing in recent years.

The expected products are an inventory with geolocated information on the properties studied; a location map and dissemination material on this type of architecture; a report on the xylological study; a collection of strains in the CIF mycological library; a report on the study of biodeterioration agents and two scientific articles, one on biodeterioration agents and the other on the relationship of results from an interdisciplinary perspective.

Key words: vernacular heritage, building pathology, xylological study, biodeterioration, biological agents

PROYECTO 47: San José RISE: Reactivación Inmobiliaria del Centro Histórico de San José a partir de Plataformas de financiamiento alternativas

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2025

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Otras Ingenierías y Tecnologías

Escuelas participantes:

Proponente Arquitectura y Urbanismo

Participante Escuela de ingeniería en computación

Participante Escuela de administración de empresas

Investigador Coordinador: MSc. Tomás Martínez Baldares

Correo: tmartinez@tec.ac.cr

Resumen

El mayor desafío del Centro Histórico de San José ha sido recuperar el uso residencial y potenciarse como un destino turístico. Sin embargo, el evento abrupto, inesperado y devastador de la pandemia mundial por COVID 19 alteró toda la planificación para la revitalización urbana del Centro Histórico de San José e incorporó un elemento adicional a la problemática de su reactivación y es la ausencia de uno de los pocos elementos dinamizadores que quedaban activos como lo son los funcionarios públicos y privados, profundizando la subutilización, la tercerización, la informalidad y el deterioro de sus condiciones generales.

Las medidas sanitarias, el confinamiento, el teletrabajo, la reducción horaria para las actividades sociales y la propuesta de un nuevo centro para funcionarios públicos conocido como “Ciudad Gobierno” pone como desafío la necesidad de crear modelos innovadores para revertir la tendencia, fortalecer el carácter de atractor, crear una oferta que permita recuperar a los funcionarios, incorporar oferta residencial y potenciar bajo condiciones diferentes la cultura, el patrimonio, la historia y la equidistancia y direccionamiento a toda la oferta turística nacional.

El proyecto demanda la investigación acerca de los modelos idóneos para articular: las mejoras en las condiciones de infotelecomunicaciones y conectividad, recuperación de edificaciones en formatos residenciales, variación de la oferta inmobiliaria asociada a teletrabajadores e incentivos por cercanía y localización económica que en conjunto logren consolidar una propuesta innovadora para revertir la condición actual de deterioro y abandono.

Herramientas urbanísticas, de gestión, incentivos municipales, bancarias de financiamiento, de comunicación, facilidades tecnológicas entre otras serán necesarias de analizar como elementos que, articulados, pueden generar un efecto atractor.

La oferta inmobiliaria y residencial requiere ser analizada para identificar la posibilidad de disponer porcentajes de nómadas digitales, asociar nuevos residentes a centros laborales y lograr que repercuta en la economía formal y no que se traduzca en plataformas de aplicaciones abiertas. Igualmente crear una nueva ventaja diferencial para habitar cerca de los núcleos de trabajo a pesar del teletrabajo. Esto requerirá mapear con herramientas SIG los centros laborales de mayor demanda y asociar potenciales edificios a reutilizar y potenciales ofertas residenciales y de servicios cercanas.

El proyecto busca aprovechar avances importantes y líneas de investigación desarrollados en proyectos correspondientes al Campus Tecnológico de San José incorporando el potencial de nuevas formas de organización económica vinculadas a la "Economía Social y Solidaria" y la "Economía Colaborativa".

Palabras clave: *Reactivación económica, teletrabajo, revitalización urbana, COVID 19, economía colaborativa*

Abstract

The greatest challenge of the Historic Center of San José has been to recover residential use and promote itself as a tourist destination. However, the abrupt, unexpected and devastating event of the world pandemic by COVID 19 altered all the planning for the urban revitalization of the Historic Center of San José and incorporated an additional element to the problem of its reactivation and that is the absence of one of the few dynamic elements that remained active, such as public and private officials, deepening underutilization, outsourcing, informality, and the deterioration of their general conditions.

Sanitary measures, confinement, teleworking, reduced hours for social activities and the proposal for a new center for public officials known as "Government City" challenge the need to create innovative models to reverse the trend, strengthen the character as an attractor, create an offer that allows officials to recover, incorporate a residential offer and promote culture, heritage, history and equidistance under different conditions and address the entire national tourist offer.

The project demands research on the ideal models to articulate: improvements in the conditions of infotelecommunications and connectivity, recovery of buildings in residential formats, variation of the real estate offer associated with teleworkers and incentives for proximity and economic location that together manage to consolidate an innovative proposal to reverse the current condition of deterioration and abandonment.

Urban tools, management tools, municipal incentives, financial banking, communication, technological facilities, among others, will be necessary to analyze as elements that, when articulated, can generate an attractor effect.

The real estate and residential supply needs to be analyzed to identify the possibility of having percentages of digital nomads, associating new residents with work centers and ensuring that

it has an impact on the formal economy and not translate into open application platforms. Likewise, create a new differential advantage to live near the work centers despite teleworking. This will require mapping with GIS tools the labor centers with the highest demand and associating potential buildings to be reused and potential nearby residential and service offers.

The project seeks to take advantage of important advances and lines of research developed in projects corresponding to the San José Technological Campus, incorporating the potential of new forms of economic organization linked to the "Social and Solidarity Economy" and the "Collaborative Economy".

Key words: *Economic reactivation, teleworking, urban revitalization, COVID-19, collaborative economy*

PROYECTO 48: Evaluación de infraestructura verde basada en la naturaleza para la adaptación al cambio climático en el trópico

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ingeniería Civil Ingeniería Ambiental, Otras Ingenierías y Tecnologías

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Agrícola

Participante Ingeniería Ambiental

Investigador Coordinador: Dra. Karolina Villagra Mendoza

Correo: kvillagra@tec.ac.cr

Resumen

La alta impermeabilización de las zonas urbanas y los cambios extremos del clima han contribuido a aumentar el exceso del agua superficial que se ve reflejado en las inundaciones rápidas que impactan las ciudades. Este proyecto pretende evaluar soluciones de infraestructura basadas en la naturaleza (NBS) con el fin de promover ciudades más resilientes al cambio climático, con respecto al manejo de la cantidad y calidad del agua ante diferentes eventos de tormenta. Para esto se realizarán estudios a escala de laboratorio y de microcuenca. En el laboratorio se implementarán tipologías de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDs) donde se evaluará el desempeño de estos con respecto a modelos de estimación hidrológica e hidráulica con SUDs. Además, se evaluarán diferentes materiales locales con respecto a materiales comerciales, para la implementación de techos verdes. Por otra parte, se estimará la disminución de la escorrentía en la comunidad de Belén de Heredia, por medio de modelos de simulación hidrológica e hidráulica. Las estimaciones, proporcionarán sugerencias de estrategias de implementación de soluciones verdes en la comunidad de Belén. Se espera que la implementación de diferentes tipologías de soluciones verdes

contribuya con una reducción general de un 25% de los picos de escorrentía y un 10% en la difusión de contaminantes.

Palabras clave: *Cambio Climático; Soluciones Basadas en la Naturaleza; Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles; Hidrología; Infraestructura Verde; Resiliencia*

Abstract

The high impermeable urban areas and the extreme climate changes, have both contributed to an increasing running surface water volume, reflected in more frequent flash floods, and impacting cities every year. This project aims to evaluate nature-based solutions (NBS) for infrastructure, to promote more resilient cities against climate change effects; in terms of urban water quantity and quality management, under different storm events. Studies will be carried out at laboratory and micro-watershed scale. Different types of Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) will be implemented in the laboratory, and their performance with respect to hydrological and hydraulic estimation models with and without SUDs, will be studied. In addition, different green roofs local materials will be assessed

with respect to commercial materials. On the other hand, the decrease in runoff in the community of Belén, Heredia will be estimated by means of hydrological and hydraulic simulation models. These estimates will provide suggestions for implementation strategies for green solutions in the community of Belén. The implementation of different types of green solutions is expected to contribute to a general reduction of 25% in runoff peaks and 10% in the diffusion of pollutants.

Key words: *Climate Change; Nature-Based Solutions; Sustainable Urban Drainage Systems; Hydrology; Green Infrastructure; Resilience*

PROYECTO 49: Determinación de Impactos inmediatos y a largo plazo sobre la dinámica en el hábitat acuático disponible comparando las condiciones en cola de embalse, el trayecto crítico y aguas abajo de la restitución del Proyecto Hidroeléctrico del río Pirrís.

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Ciencias Biológicas

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Agrícola

Participante Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Dra. Isabel Guzmán Arias

Correo: iguzman@tec.ac.cr

Resumen

Las represas para generación hidroeléctrica son infraestructuras que benefician al país, por ser una fuente de generación de electricidad potencialmente amigable con el ambiente. Además, benefician a las comunidades que las rodean por las actividades económicas y productivas que se pueden desarrollar gracias a ellas. No obstante, son una intervención antrópica que, dependiendo del manejo, podrán genera impactos socio-ambientales y ecológicos importantes debido al cambio de la hidrología y morfología del río. El Proyecto Hidroeléctrico Pirrís (P.H. Pirrís) se ubica propiamente en el cauce principal, aprovechando el recurso hídrico de una quinta parte de la cuenca y no se cuenta con estudios sobre los posibles impactos que se podrían estar generando sobre esta cuenca. Por lo que, este proyecto pretende analizar la dinámica en el hábitat acuático comparando las condiciones en la cola del embalse de la represa, el trayecto crítico y aguas abajo de la restitución en el P.H Pirrís. Para ello será necesario evaluar los regímenes de caudal en estos tres puntos tanto en el escenario actual como de cambio climático, por el efecto potencial que tiene esta variación global del clima en los sistemas acuáticos de los ríos. Estos serán la base para la simulación de hábitat con el fin de obtener las curvas de áreas

útiles ponderadas (WUA-Q) de las especies indicadoras. De esta manera el proyecto espera ser un recurso técnico útil para las entidades públicas y privadas para la toma de decisiones en cuanto a la ejecución de estructuras hidráulicas que alteran el carácter dinámico natural de los ríos.

Palabras clave: *recurso hídrico; simulación de hábitat; cambio climático*

Abstract

Dams are infrastructures that benefit the country, as they are a source of electricity generation that is potentially environmentally friendly. They also benefit the communities that surround them because of the economic and productive activities that can be developed thanks to them. However, they are an anthropic intervention that, depending on how they are managed, could generate significant socio-environmental and ecological impacts due to changes in the hydrology and morphology of the river. The Pirrís Hydroelectric Project (P.H. Pirrís) is located on the main riverbed, taking advantage of the water resources of one fifth of the basin, and there are no

studies on the possible impacts that could be generated on this basin. Translated with www. Therefore, this project aims to analyze the dynamics of the aquatic habitat by comparing the conditions at the tail of the dam reservoir, the critical path and downstream of the restitution in P.H. Pirrís. For this it will be necessary to evaluate the flow regimes at these three points for the current and climate change scenarios, due to the potential effect that this global climate variation has on the aquatic systems of the rivers; these will be the basis for the habitat simulation in order to obtain the curves of the weighted usable area (WUA-Q) of the indicator species. Thus, the project hopes to be a useful technical resource for public and private entities in making decisions regarding the implementation of hydraulic structures that modify the river's natural dynamic character.

Key words: *water resource; habitat simulation; climate change*

PROYECTO 50: Análisis de riesgo y vulnerabilidad de inundaciones en zonas urbanas de los ríos Purires, Taras y Reventado pertenecientes a la cuenca del río Agua Caliente ubicada en Cartago: una herramienta en la toma de decisiones para la aplicación de medidas preventivas

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ingeniería Civil, Otras Ingenierías y Tecnologías

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Agrícola

Participante Ciencias Sociales

Investigador Coordinador: Ing. Fernando Watson Hernández

Correo: fwatson@tec.ac.cr

Resumen

A través de los años la cuenca del río Agua Caliente ha sido escenario de gran cantidad de eventos meteorológicos, siendo el principal colector de las aguas provenientes del río Purires, el río Reventado y el río Taras, la región se ha visto afectada por inundaciones en varias ocasiones que la han impactado a nivel social y económico, causado por las acciones antrópicas como desestabilizador de la naturaleza, donde los asentamientos informales en zonas de alto riesgo son los que presentan una mayor amenaza. Este proyecto pretende evaluar las condiciones de riesgo y vulnerabilidad por eventos de avenidas máximas que provocan el fenómeno de inundación en los ríos Purires, Taras y Reventado mediante la ejecución de un modelo determinista y paramétrico.

Por medio del modelo determinista se logrará comprender la dinámica del flujo y obtener mapas inundación que representen la extensión y los procesos ocurridos en una inundación e identificar las zonas con mayor riesgo ante este tipo de eventos. Por otro lado, el modelo paramétrico permitirá estimar un valor completo de las zonas y poblaciones más vulnerables. La combinación de ambos métodos serán un recurso para la toma de decisiones en cuanto a la aplicación de medidas preventivas,

creación de estrategias y desarrollar rutas de evacuación para la población, ordenamiento territorial, construcción de infraestructura, entre otros, que puedan hacer las diversas entidades gubernamentales del país.

Palabras clave: *mapas de inundación; vulnerabilidad; modelo paramétrico y determinístico*

Abstract

Over the years, the Agua Caliente River basin has been the scene of many meteorological events, being the main collector of water from the Purires, Reventado and Taras rivers, the region has been affected by floods on several occasions that have impacted the social and economic level, caused by anthropogenic actions as a destabilizer of nature, where informal settlements in high-risk areas are

those that present a greater threat. This project aims to evaluate the risk and vulnerability conditions due to maximum flood events that cause the flooding phenomenon in the Purires,

Taras and Reventado rivers through the execution of a deterministic and parametric model.

By means of the deterministic model, it will be possible to understand the flow dynamics and obtain flood maps that represent the extent and processes occurring in a flood and identify the areas at greatest risk from this type of event. On the other hand, the parametric model will allow estimating a complete value of the most vulnerable areas and populations. The combination of both methods will be a resource for decision making regarding the application of preventive measures, creation of strategies and development of evacuation routes for the population, land use planning, construction of infrastructure, among others, that can be made by the various governmental entities in the country.

Key words: *flood mapping; vulnerability; parametric and deterministic model*

PROYECTO 51: Más Alimentos, Menos Desperdicio: Reducción de la pérdida y el desperdicio de Alimentos

Periodo de ejecución:

Del 24 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Agricultura, forestería y pesca

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Agronegocios

Investigador Coordinador: Ing. Laura Brenes Peralta

Correo: labrenes@tec.ac.cr

Resumen

Según datos de organismos de Naciones Unidas, en el planeta se pierde cerca del 14% de los productos alimenticios entre las operaciones de cosecha, poscosecha, transformación y venta mayorista, y se desperdicia aproximadamente el 12% de los alimentos a partir de la comercialización minorista, los servicios de alimentación y hasta el consumo, por lo que los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) proponen abordar esta problemática a partir de la meta 12.3. La Pérdida y Desperdicio de Alimentos (PDA) genera severos efectos ambientales, económicos y sociales, y desde 2013 la Escuela de Agronegocios del TEC se ha involucrado en esta temática, lo que le ha permitido coordinar a nivel nacional una iniciativa al respecto y comprender el fenómeno y las limitantes que evitan un avance mayor. Conforme el mundo progresa en la implementación de un Código Voluntario de conducta de PDA (impulsado por Costa Rica) y se empiezan a generar métricas para el monitoreo de la meta 12.3, se detecta que el país carece de una línea base que permita monitorear la magnitud del problema, y documentar casos piloto de soluciones efectivas contra las PDA, a pesar del interés de múltiples actores del sector alimentario. Consecuentemente esta propuesta busca “Desarrollar Acciones para la Reducción de la pérdida y el

desperdicio de Alimentos a partir de casos piloto en Costa Rica". Se plantea ejecutar procesos de diagnóstico de línea base de PDA generadas, así como de capacidades de los actores involucrados con el fin de no solo coadyuvar a nivel país en la determinación de la línea base como primera acción para localizar soluciones atinentes, sino también para aportar en la sensibilización, fomento de capacidades, y documentación de casos efectivos de reducción de pérdida y desperdicio. Metodológicamente, para el caso de la línea base se tomarán los avances de agencias de Naciones Unidas custodias de la meta 12.3 de los ODS para el reporte al Índice de Pérdida e Índice de Desperdicio. Lo anterior incluye aplicación de encuestas, cuantificaciones y balances de masa según el protocolo del World Resources Institute así como determinación de puntos críticos de pérdida, estudios de generación y composición como los ya ejecutados a nivel Municipal, y autor-reportes mediante diarios, entre otros. Para los casos piloto, se partirá de métodos y técnicas

propias de manejo poscosecha, conservación de alimentos, encuestas, entrevistas y observación según aplique. Dado el bagaje de los investigadores proponentes en esta materia y su vinculación a la Red Costarricense para Disminución de Pérdida y Desperdicio de Alimentos, se conoce de casos

puntuales de interés por abordar, como son grupos de productores de papa de Alajuela y Cartago, concesionarios y beneficiarios del programa de acción social ya instalado en la Central Mayorista de

CENADA y actores domiciliarios relacionados a las Municipalidades de Cartago, Santa Ana y La Unión. Como resultados principales se espera lograr una propuesta metodológica para levantamiento de Línea Base en PDA así como el acopio de alternativas ante esta problemática.

Palabras clave: desperdicio alimentario, ODS, sostenibilidad, sistema alimentario, agronegocio

Abstract

The United Nations estimates that 14% of agri-food products are lost within harvest, postharvest, transformation and wholesale markets, while 12% of food is lost among the steps of retail, food service and consumption; therefore, this problem is addressed in target 12.3 of the Sustainable Development Goals (SDGs). Food losses and waste (FLW) are responsible for severe

environmental, social and economic effects, and the Agribusiness School from TEC has been involved in order to fight these situations since 2013, leading a national initiative that allows the comprehension of this phenomenon as well as the limitations that prevents further advancements. As global efforts move towards the implementation of the International FLW Code of Conduct (promoted by Costa Rica) and the metrics to monitor target 12.3 begin to appear, Costa Rica lacks a baseline that would allow the effective solutions against FLW, in spite of the interest of many actors of the national food system. In consequence, this proposal aims at “developing actions against FLW through pilot cases in Costa Rica”. The project’s activities foresee the execution of diagnoses of FLW as well as of the capacities of identified actors, in order to aid in the creation of national baselines as well as to generate awareness, build capacities and document effective FLW cases. The baseline would be obtained through the application of methodologies proposed by the SDG 12.3 target custodian agencies of the United Nations, used to report the Food Loss Index and the Food Waste Index. These methodologies include the use of surveys, mass balance and quantifications suggested by the World Resources Institute, techniques to determine FLW critical points, waste composition and generation methods as the ones

already used by Municipalities, and self-reporting techniques such as diaries, among others. Moreover, in the case of FLW reduction alternatives, applicable methods and techniques include postharvest management practices, food conservation technologies, surveys, interviews and observation. Due to the experience of the researchers and their link to the Costa Rican FLW Reduction Network, specific cases of interest are already identified, such as potato farmers from Cartago and Alajuela, concessionaries and beneficiaries from the wholesale market of CENADA, and household actors linked to the Municipalities of Cartago, Santa Ana and La Unión. As main results, the project expects to generate a methodological proposal to obtain FLW baselines as well as to document FLW reduction alternatives.

Key words: *food waste, SDGs, sustainability, food system, agribusiness*

PROYECTO 52: Transformando el paisaje productivo de la Península de Osa, mediante la economía regenerativa

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 30 de junio del 2023

Área: Ciencias Naturales y Exactas

Sub área: Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Agronegocios

Participante Escuela de Agronomía

Investigador Coordinador: Dr. Ricardo Salazar Díaz

Correo: risalazar@tec.ac.cr

Resumen

La Península de Osa está localizada en la costa sureste del océano Pacífico, conformado por los distritos de Sierpe y Bahía Drake de Osa, así como Puerto Jiménez de Golfito. Estos cantones tienen un muy bajo índice de desarrollo humano, encentrándose dentro de los cantones más pobres de Costa Rica.

Actualmente, más del 60% del aceite de palma (*Elaeis guineensis*) que se produce en Costa Rica proviene de estos dos cantones, siendo el monocultivo de palma aceitera uno de los principales paisajes en el territorio, acarreado este modelo productivo, una serie de problemas económicos, sociales y ambientales.

En un esfuerzo por construir una estrategia de desarrollo humano sostenible y gestión ambiental para este territorio, en el 2017 la Universidad de Stanford a través de la Iniciativa Osa-Golfito, identificó junto con productores de palma, un nuevo modelo productivo. El modelo concertado consiste en diversificar el cultivo de palma aceitera con otras especies de valor comercial, como los son el cacao, las musáceas y la madera, de tal manera que mediante agricultura regenerativa

se fomenta la biodiversidad y rentabilidad de los sistemas productivos.

En el 2019, la Escuela de Agronegocios del Tecnológico de Costa Rica se incorpora al proyecto con el objetivo de evaluar el potencial productivo y económico de los sistemas diversificados, para la exploración de escenarios de producción sostenibles. Los resultados preliminares demuestran que los sistemas diversificados de palma aceitera, además de favorecer los servicios ecosistémicos que ofrece la biodiversidad, tienen el potencial agronómico para el desarrollo de una economía resiliente

A su vez la Escuela de Agronomía también del TEC en el 2021 finaliza un proyecto denominado “Diseño, construcción y evaluación de sistemas solares híbridos para ser aplicados en procesos productivos de la región Huetar Norte de Costa Rica” que tuvo como objetivo implementar la utilización de tecnologías solares térmicas, fotovoltaica se híbridas en los pequeños y medianos productores de la Región Huetar Norte de Costa Rica. Lo que ha permitido validar los sistemas solares y demostrar su utilidad, para así proponer su implementación en esta propuesta en la Península de Osa.

Por otra parte la Cooperativa de Comercialización de los Productores de Palma Aceitera de la Península de Osa R.L (OSACCOOP R.L) se establece en el año 2000 como parte de la acción de promoción del cultivo de palma aceitera en la Península de Osa organizando a las y los productores de palma aceitera en una cooperativa de comercialización. Sin embargo, en los últimos años, tanto la Cooperativa como sus asociados han visto la necesidad de establecer políticas y prácticas para impulsar la sofisticación y diversificación productiva, mediante la producción y transformación de cultivos asociados con alto potencial comercial, como lo son la vainilla (*Vanilla planifolia*) y el cacao (*Theobroma cacao* L.).

Tanto, Osacoop como el TEC apuestan por estos modelos productivos diversificados, que fomenten la agricultura regenerativa. Sin embargo, también es necesario dar el paso a la industrialización de productos como la vainilla y el cacao con valor agregado, para lograr un verdadero modelo de negocio sostenible. La realidad para muchos pequeños agricultores como es el caso de los asociados de Osacoop, es que no cuentan con tecnología avanzada para realizar operaciones de transformación con calidad.

La implementación de este proyecto contribuirá con las dimensiones de Desarrollo Económico 3D y Descarbonización, en sus respectivas acciones: (37) implementar alianzas triple hélice, (34) promoción de la sofisticación de las exportaciones, (41) mejorar prácticas agrícolas, (42) desarrollar la agroindustria sostenible, y (43) mejorar prácticas forestales.

Este proyecto, además de establecer junto con las y los productores los sistemas productivos diversificados en el campo, se propone diseñar e implementar un centro de manejo postcosecha con energía energéticamente autosuficiente para vainilla y cacao que sirva para la generación de una estrategia de comercialización donde se identifiquen mercados internacionales favorables. Contribuyendo de esta manera, con el OE 6 de la Estrategia Económica Territorial para una Economía Inclusiva y Descarbonizada 2020-2050 que propone generar nuevos empleos verdes que potencien la transición a una economía 3D.

Palabras clave: *Península de Osa, agroindustria, desarrollo sostenible*

PROYECTO 53: VIPro-TEC: Desarrollo de una Tecnología basada en Procesamiento de Video e Imágenes Orientada Para Vehículos Autónomos Bajo Condiciones de Visión No Ideales

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Matemática, Computación y Ciencias de la Información

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ing Eléctrica, Electrónica e Ing de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Matemática

Participante Área Académica Ingeniería en Computadores

Participante Escuela de Ingeniería Agrícola

Investigador Coordinador: MSc, Juan Pablo Soto Quirós

Correo: jusoto@tec.ac.cr

Resumen

La tecnología orientada hacia vehículos autónomos ha presentado un avance sin precedentes en la última década gracias al desarrollo de algoritmos complejos de procesamiento e introducción de hardware de alto desempeño para estas estructuras. Costa Rica no está exenta de este tipo de tecnología con aplicaciones no solo en el campo vial, sino también en agricultura, exploración de terreno, infraestructura y otros campos. Estos dispositivos cuentan con una amplia gama de sensores para monitorear su entorno y usan esta información para análisis, procesamiento y toma de decisiones en ámbitos de transporte, agrícolas, acuáticos, submarinos, guerra y otros. Un vehículo autónomo de tipo aéreo o terrestre (como los planteados en esta propuesta) usan sensores de tipo LiDAR (Light Detection and Ranging). Los datos masivos generados por este y otros sensores son usualmente procesados mediante métodos de aprendizaje profundo, los cuales tienen un requerimiento de computación de alto desempeño, ya que utilizan inteligencia artificial y redes neuronales para su desarrollo. Para minimizar este problema, los sistemas de vehículos autónomos se verían beneficiados con opciones para su procesamiento que sirvan como apoyo en caso de fallo del sensor LiDAR, aliviando la dependencia de un

solo tipo de sensor para obtener la profundidad de los objetos y el entorno (inclusive bajo condiciones no ideales). El trabajo propuesto en este proyecto propone presentar una tecnología alternativa al LiDAR el cual permita hacer más robusto el procesamiento de profundidad. La tecnología propuesta en este proyecto está basada en 3 aspectos fundamentales: desarrollo de algoritmos para estimación monocular mediante el uso de aprendizaje automático y procesamiento de imagen clásico, su implementación computacional y su implementación y construcción en un dron tipo vehículo aéreo no tripulado (UAV). Dicha tecnología respaldaría el funcionamiento del sensor LiDAR a través del uso de cámaras y técnicas de procesamiento de vídeo e imágenes para optimizar previamente el desempeño de algoritmos posteriores que usan aprendizaje profundo, reduciendo la cantidad de computaciones sin sacrificar el rendimiento del sistema. Por otra parte, al usar técnicas de visión por computador, se puede optimizar el uso del hardware de los vehículos autónomos, inclusive incluyendo las técnicas para procesamiento de escenarios con condiciones ambientales no ideales (lluvia, neblina, oscuridad y otros), particularmente para la realidad costarricense. Los casos de estudio a aplicar de la realidad costarricense en este proyecto serán en mapeo de

infraestructura urbana. El aporte principal de esta propuesta es integrar los algoritmos desarrollados a partir de esta investigación para generación de modelos tridimensionales a partir de imágenes bidimensionales en conjunto con uno o varios vehículos aéreos no tripulados (UAV). Este sistema será validado en el área de topografía urbana costarricense, se escoge esta área pues la generación de estos modelos es compleja ante la diversidad de estructuras presentes en diversos ambientes los cuales no siempre tienen condiciones de visión ideales. Dicha validación se realizará comparando el desempeño del producto final de esta propuesta contra el modelo de elevación digital cotejado, generado por el proyecto: Generación de manchas de inundación de la cuenca alta del Río Agua Caliente, realizado por la escuela de Ingeniería Agrícola en conjunto con la Comisión Nacional de Emergencia (CNE).

Palabras clave: Vehículos autónomos, UAV, procesamiento de vídeo, LiDAR, realidad costarricense, topografía urbana.

Abstract

Technology oriented towards autonomous vehicles has presented an unprecedented advance in the last decade thanks to the development of complex processing algorithms and the introduction of high-performance hardware dedicated to these structures. Costa Rica is not exempt from this type of technology with applications not only in the road field, but also in agriculture, land exploration, infrastructure, and other fields. These devices have a wide range of sensors to monitor their environment and use this information for analysis, processing, and decision making in transport, agricultural, aquatic, aquatic, submarine, war, and other fields. An autonomous air or land vehicle (such as those proposed in this proposal) use LiDAR (Light Detection and Ranging) type sensors. the massive data generated by this, and other sensors are usually processed by means of deep learning methods, which have a high-performance requirement due artificial intelligence and neural network used for the system development. To reduce this issue, autonomous vehicle systems would benefit from processing options to support LiDAR sensor failure, alleviating dependence on a single sensor type to obtain the depth of objects and the environment (even under less-than-ideal conditions). The work proposed in this project proposes an alternative to LiDAR technology, presenting

an alternative algorithm to make depth processing. The proposed technology in this Project is based on 3 main aspects: development of the algorithm to calculate monocular through the use of machine learning and classical image processing, its computational implementation and its incorporation implementation in an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV) This technology supports the operation of the LiDAR sensor using cameras and video and image processing techniques to previously optimize the performance of subsequent algorithms that use deep learning, reducing the number of computations without sacrificing much of the system performance. On the other hand, by using computer vision techniques, the use of autonomous vehicle hardware could be optimized, including techniques for processing scenarios with non-ideal environmental conditions (rain, fog, darkness, and others), particularly for the Costa Rican reality. The case studies to be applied of the Costa Rican reality in this project will be to map urban infrastructure. The main

contribution of this proposal is to integrate the algorithms developed from this research for the generation of three-dimensional models from two-dimensional images in conjunction with one or more autonomous unmanned aerial vehicles (UAV). This system will be validated in the Costa Rican

urban topography area, this area is chosen because the generation of these models is complex due to the diversity of structures present in different environments which do not always have ideal viewing conditions. Said validation will be carried out by comparing the performance of the final product of this proposal against the collated digital elevation model, generated by the project: Generation of flood patches of the upper basin of the Agua Caliente River, carried out by the School of Agricultural Engineering in conjunction with the National Emergency Commission (CNE).

Key words: *Autonomous vehicles, UAV, video processing, LiDAR, Costa Rican reality, urban topography.*

PROYECTO 54: Atta-Bots: Adaptaciones, comportamientos y funcionalidades en el marco de los proyectos PROE

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ing Eléctrica, Electrónica e Ing de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Matemática

Investigador Coordinador: Dra. Cindy Calderón Arce

Correo: ccalderon@tec.ac.cr

Resumen

El uso de sistemas o plataformas multirobot contribuye en la resolución de problemas relacionados con la planificación de rutas óptimas, eficientes y seguras en situaciones de emergencia, localización de víctimas en casos de desastre, como incendios o derrumbes o determinación de fuentes de comida. Donde es necesario, no solo la exploración de entornos, sino que también la digitalización de los mismos. Si bien es cierto, estas tareas pueden ser realizadas por humanos, en escenarios peligrosos, inestables o de difícil acceso, las plataformas multirobot permiten ahorrar recursos y proteger al personal humano.

En ese sentido, en este proyecto se pretende dar continuidad y mejora a los resultados obtenidos en el proyecto “Implementación de un prototipo de enjambre de robots para la digitalización de escenarios estáticos y planificación de rutas óptimas” (PRO E1F21), en el cual se diseñó un sistema multirobot físico para la exploración de escenarios estáticos desconocidos, con el fin de determinar rutas óptimas a través de la traducción y adaptación de los algoritmos computacionales de exploración y optimización resultantes del proyecto “Simulación computacional para la planificación de

rutas óptimas de acceso y/o evacuación por medio de un enjambre centralizado en escenarios estáticos, utilizando técnicas de mapeo, procesamiento de datos y optimización multiobjetivo” (PROE E1F1); en conjunto con la implementación de técnicas de recolección, transferencia y procesamiento de datos para mapear zonas y determinar rutas de acceso y/o evacuación seguras.

PROE E1F2 logró implementar un sistema multirobot constituido por 15 individuos, llamados Atta-Bots, debidamente probado y verificado para explorar ambientes estáticos y controlados, con un sistema de hardware adaptado a las capacidades y condiciones de las plataformas y componentes electrónicos disponibles localmente y con protocolos establecidos para el diseño y ejecución del sistemas completo, garantizando una adecuada actuación y un balance entre el costo computacional, los tiempos de espera de resultados y el costo económico. Además, se trabajó en la determinación de rutas óptimas, por medio de un sistema de software que adoptó y adaptó los algoritmos y técnicas resultantes de PROE E1F1. Sin embargo, durante el proceso siempre surgen posibilidades de mejora, cambio y adaptación a nuevas tecnologías y necesidades, esta es precisamente la razón de esta nueva propuesta.

La secuencia de proyectos PROE pretende colocar al TEC en la vanguardia, como referente nacional y centroamericano, de la investigación en el área de plataformas multirobot, desarrollando tareas complejas con mecanismos sencillos y de bajo costo. Este proyecto también promueve dicho objetivo, debido a las mejoras buscadas y a nuevas colaboraciones nacionales.

Palabras clave: *Enjambres de robot, sistema multirobot, optimización, protocolos, software, hardware, Atta-Bots*

Abstract

The use of multirobot systems allow solving problems associated with planning optimal, efficient and safe routes in cases of emergency, victims location in cases of disaster like fires landslides or identification of food sources. Where it is necessary not only the exploration of the environments but also its digitalization. Although this task can be done by humans, in scenarios with dangerous, unstable or difficult access, these systems save resources and protect the humans.

In that sense, this project aims to continue and improve results obtained in the project "PROE E1F2: Implementación de un prototipo de enjambre de robots para la digitalización de escenarios estáticos y planificación de rutas óptimas", in which was designed and implemented a physic and multirobot system to explore unknown static scenarios and determine optimal routes through a translation and adaptation of the computational exploration algorithms investigated in the project "PROE E1F1: Simulación computacional para la planificación de rutas óptimas de acceso y/o evacuación por medio de un enjambre centralizado en escenarios estáticos, utilizando técnicas de mapeo, procesamiento de datos y optimización multiobjetivo"; including the implementation of collection, transfer and processing data algorithms to map and determination of optimal routes.

PROE E1F2 implemented multirobot system with 15 individual, named Atta-Bots, tested and verified to explore static and controlled environments, with hardware adapted to the capacities and conditions of the platforms and electronic components locally available and with protocols for designing and execution of the complete system by ensuring an adequate performance and a balance between the computational cost, waiting times, and the price of the construction. Moreover a

software system to determinate optimal routes was adopted and adapted with PROE E1F1 results. However, during the process there are always possibilities for improving, changing and adapting to new technologies and needs, this is precisely the reason for this proposal.

The project PROE sequence intends to place the TEC at the forefront, not only at the national level but also internationally, in the research area of swarms robotics that allows to find complex tasks with not so complex and low-cost mechanisms, by means of new national colaborations, expansion and improvement of the previous results.

Key words: *swarm robotics, multirobot system, optimization, protocols, software, hardware, Atta-Bots*

PROYECTO 55: Regional RLA1020
“Promoción de la tecnología de la radiación en polímeros naturales y sintéticos para el desarrollo de nuevos productos, con énfasis en la recuperación de residuos

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias Naturales y Exactas

Sub área: Ciencias Químicas

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Química

Participante Ingeniería de los Materiales

Investigador Coordinador: Dr. Ricardo Starbird

Correo: rstarbird@tec.ac.cr

Resumen

El proceso de producción e industrialización de bienes a gran escala genera residuos compuestos por (1) polímeros naturales provenientes de la agricultura, la pesca o la ganadería, y (2) polímeros sintéticos que son desechados principalmente como residuos después de su uso, tardando mucho tiempo en degradarse y generando microplásticos. Todos estos residuos de origen natural y/o sintético acaban en el medio ambiente. Una alternativa para reducir su impacto ambiental es reciclar y/o convertir estos residuos poliméricos en nuevos productos de mayor valor añadido, en línea con una política de desarrollo económico sostenible y el modelo de economía circular. Las tecnologías de radiación ionizantes (rayos gamma, rayos X y haces de electrones) son una opción para reciclar los desechos poliméricos a través del injerto inducido por radiación, que acelera la degradación al modificar algunas propiedades químicas, mecánicas o superficiales para obtener materias primas o aditivos para biopolímeros, hidrogeles, nanopartículas, materiales de construcción, muebles, filtros, recuperación de termoplásticos, telas, embalaje, y materiales absorbentes, entre otros.

Este proyecto tiene como objetivo demostrar la viabilidad de la tecnología de radiación para convertir diferentes desechos poliméricos en productos de valor agregado. En este sentido, se capacitará al personal técnico en métodos para la obtención y caracterización de materiales avanzados de valor agregado a partir de residuos poliméricos naturales y derivados del petróleo, y en el escalamiento de la tecnología del laboratorio a la escala industrial. Se realizarán estudios de factibilidad técnica y económica y planes de comunicación del polímero seleccionado por el país. A escala de demostración, se diseñará una instalación de reciclaje por irradiación y se desarrollarán y validarán sistemas integrados de gestión en al menos un país. Este conocimiento se transferirá a los países

participantes para fomentar la investigación y el desarrollo de productos de valor agregado a partir de polímeros de desecho a nivel piloto para ayudar a los tomadores de decisiones e inversionistas públicos y privados en la región, quienes eventualmente podrían escalar la operación a planta nivel demostrativa o comercial.

Palabras clave: *Polímeros, reciclaje, radiación ionizant, estudios de factibilidad, educación.*

Abstract

The process of large scale production and industrialization of goods generates waste composed of (1) natural polymers from agriculture, fishing, or livestock farming, and (2) synthetic polymers that are mainly discarded as waste after use, taking a long time to degrade and generating microplastics. All these wastes of natural and/or synthetic origin end up in the environment. An alternative to reduce their environmental impact is to recycle and/or convert these polymeric wastes into new value-added products, in line with a sustainable economic development policy and the circular economy model. Radiation technologies (gamma rays; X rays; and electron beams) are crucial to recycle polymeric waste through radiation-induced grafting, which accelerates degradation by modifying some chemical, mechanical or surface properties to obtain raw materials or additives for biopolymers; hydrogels; nanoparticles; construction materials; furniture; filters; recovery of thermoplastics; fabrics; packaging; and absorbent materials, among others. This project aims to demonstrate the feasibility of radiation technology to convert different polymeric wastes into value-added products. In this regard, technical personnel will be trained in methods for obtaining and characterizing advanced value-added materials from natural and petroleum derived

polymeric wastes, and in scaling up the technology from the laboratory to the industrial scale. Technical and economic feasibility studies and communication plans for the polymer selected by the country will be carried out. On a demonstration scale, an irradiation recycling facility will be designed, and integrated management systems developed and validated in at least one country. This know-how will be transferred to the participating countries to encourage research and development of value-added products from waste polymers at the pilot level in order to assist decision makers and public and private investors in the region, who could eventually scale up the operation of the recycling plant at the demonstration or commercial level.

Key words: *Polymers, recycling, ionizing radiation, feasibility studies, education.*

PROYECTO 56: Efecto de los contaminantes emergentes en los ecosistemas marinos de la Isla de Chira y Paquera: Bio- monitoreo mediante maricultura, para la mejora de la conservación de la biodiversidad, la salud y la actividad productiva de la zona.

Resumen

Palabras clave:

Abstract

Key words: biomass

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 30 de junio del 2023

Área: Ciencias Naturales y Exactas

Sub área: Ciencias de la Tierra y Medio ambiente

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Química

Investigador Coordinador: Dra. Nancy Ariza Castro

PROYECTO 57: Obtención de materiales porosos producidos a partir de biopolímeros extraídos de residuos agroindustriales para aplicaciones biomédicas.

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Ciencias Químicas

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Química

Participante Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Dr. Ricardo Starbird Pérez

Correo: rstarbird@tec.ac.cr

Resumen

Los polisacáridos como el almidón, la celulosa y el carragenato son compuestos orgánicos, biodegradables, de producción sostenible y de bajo costo, obtenidos en muchas ocasiones a partir de residuos agroindustriales. La extracción de biopolímeros se motiva por la creciente demanda del mercado, y la provincia de Cartago tiene 1004 de las 1554 fincas que se dedican al cultivo de papa en Costa Rica, por lo que, alternativas de que generen valor agregado a dicho producto es de interés para la región.

La micro estructuración de estos materiales permite la fabricación de complejos tridimensionales y biocompatibles que han sido evaluadas como sistemas para la colonización celular in vitro. La síntesis de estas estructuras responde a una necesidad en la búsqueda de estrategias de reparación tisular eficientes. Estos sistemas de andamios tridimensionales inteligentes permiten, además, controlar propiedades biofísicas y bioquímicas, mediante su modificación con materiales conductores y moléculas aniónicas de estimulación celular, de manera que se module el entorno extracelular a través de la estimulación mecánica, eléctrica y bioquímica, impulsando la reprogramación molecular de las células cultivadas en el

andamio y favoreciendo su diferenciación a un tejido de interés para su posterior reparación.

En esta propuesta de investigación, se optimizará la síntesis de andamios porosos tridimensionales basados en polisacáridos extraídos a partir de residuos agroindustriales de la zona agrícola de la provincia de Cartago, los cuales serán modificados con un polímero conductor para explorar su aplicación durante la liberación de dosis terapéuticas de biomoléculas que podrían contribuir en la estimulación de células madre mesenquimales humanas, como paso inicial para la síntesis de tejido óseo in vitro y terapias de reparación tisular.

Palabras clave: *Biopolímeros, extracción, residuo agroindustrial, materiales porosos, aplicaciones biomédicas.*

Abstract

Starch, cellulose and carrageenan are organic, biodegradable, sustainably produced and inexpensive polysaccharides obtained from agro-industrial waste. Biopolymers extraction is motivated by the growing demand of the market, for instance,

Cartago province has 1.004 of the 1.554 farms that are dedicated to potato farming in Costa Rica, therefore, alternatives that generate added value to the product is of great interest for the region.

The micro-structuring of these materials allows the manufacture of biocompatible threedimensional scaffolds that has been proposed for in vitro cell colonization. These biomimetic threedimensional scaffold systems allow the control of biophysical and biochemical properties, by modifying them with conductive materials and anionic cell stimulation molecules, in such a way that the extracellular environment is modulated through mechanical, electrical and biochemical stimulation, promoting molecular reprogramming of cells grown on the scaffold and favoring their differentiation to a tissue of interest for subsequent repair.

In this research proposal, the synthesis of a three-dimensional porous scaffold based on polysaccharides obtained from agro-industrial waste products from Cartago province will be optimized, the scaffolds will be modified with a conductive polymer in order to explore its application during the release of therapeutic doses of drugs for the stimulation of human

mesenchymal stem cells as an initial step for in vitro bone tissue synthesis and tissue repair therapies.

Key words: *Biopolymer, extraction, agro-industrial waste, porous materials, medical applications.*

PROYECTO 58: Generación de un modelo de simplificación automática de textos en español mediante inteligencia artificial

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Área: CIENCIAS SOCIALES

Sub área: Medios y Comunicación

Área: HUMANIDADES

Sub área: Lengua y Literatura

Escuelas participantes:

Proponente Ciencias del Lenguaje

Participante Computación

Participante Administración

Investigador Coordinador: M.L. Nelson Pérez Rojas

Correo: nperez@tec.ac.cr

Resumen

Los servicios de información y documentación deben ser fácilmente accesibles para todas las personas (Organización de las Naciones Unidas, 1993), y esto toma especial importancia para aquellas poblaciones vulnerables con dificultades particulares asociadas a la lectura (personas con discapacidad intelectual, dislexia y autismo, baja escolaridad, ceguera, sordera, entre otras). Por ello, la simplificación de textos permite democratizar el acceso al conocimiento: consiste en transformar un escrito complejo en un texto de lectura fácil. El conocimiento adquirido es aún más relevante cuando afecta directamente la vida de las personas: por ejemplo, los saberes relacionados con el ámbito educativo, político o económico.

Ahora bien, el proceso de simplificación textual suele ser costoso en cuanto a tiempo, dinero y recurso humano, pues requiere de la participación de profesionales con conocimientos específicos de lingüística e, incluso, de la temática sobre la cual tratan los textos por transformar. En consecuencia, el proyecto aquí planteado tiene como objetivo desarrollar un modelo para la simplificación automática de textos de temáticas financieras en español mediante inteligencia artificial. Para esto, se construirá un conjunto de datos genérico para el entrenamiento

de modelos de simplificación de textos en español; de igual forma, se construirá un conjunto de datos compuesto de oraciones simples y oraciones homólogas complejas de textos financieros, para el entrenamiento y evaluación de los modelos de simplificación automática. Además, se evaluarán modelos de aprendizaje no supervisado para la simplificación automática, así como modelos de aprendizaje semi supervisado/supervisado.

Como productos del proyecto, se proponen el conjunto de datos genérico para el entrenamiento de modelos de simplificación de textos en español, el conjunto de datos compuesto de oraciones simples y oraciones homólogas complejas de textos financieros, así como los modelos de aprendizaje no supervisado y los modelos de aprendizaje semi supervisado/supervisado, con los resultados de la investigación publicados en dos artículos de revistas científicas.

Palabras clave: *lectura, simplificación de textos, poblaciones vulnerables, inteligencia artificial, aprendizaje automático, finanzas, economía.*

Abstract

Information and documentation services should be readily available to the public (United Nations, 1994), particularly in vulnerable populations with visual difficulties associated with reading (people with an intellectual impairment, dyslexia, autism, low scholary levels, or visual and hearing impairment, among others). As such, text simplification is a tool for democratizing access to knowledge by transforming complex writing into a more understandable text. The acquired knowledge becomes more relevant when it impacts people's lives, such as when relating to the spheres of education, politics, or economics.

Nevertheless, text simplification is often time-consuming and demands considerable financial and human resources, as it requires the participation of professionals with specific knowledge, such as linguistics or the field pertaining to the texts to be transformed. This project aims to develop a text simplification model in Spanish in the field of finance utilizing artificial intelligence. A generic dataset will be constructed to train the Spanish text simplification models; likewise, a dataset of simple and compound homologous sentences from financial texts to train and assess the automatic simplification models.

Likewise, the non-supervised learning models used for the automatic simplification, as well as the semi-supervised and supervised models, will be assessed.

The proposed products of this project are the generic dataset utilized to train the Spanish text simplification models, the simple and compound homologous sentence dataset from financial texts, and the non-supervised, supervised, and semi-supervised learning models; the results will be published in two articles in two scientific journals.

Key words: *reading, text simplification, vulnerable populations, artificial intelligence, automatic learning, finance, economics.*

PROYECTO 59: Gestión alternativa del turismo: un análisis de las prácticas de Economía Social y Solidaria

Periodo de ejecución:

Del 14 de febrero 2022 al 31 de diciembre del 2024

Área: CIENCIAS SOCIALES

Sub área: Geografía Social y Económica, Otras ciencias sociales

Escuelas participantes:

Proponente Ciencias Sociales

Investigador Coordinador: Dr. David Arias Hidalgo

Correo: david.arias@tec.ac.cr

Resumen

La construcción de prácticas alternativas articulada con la Economía Social y Solidaria (ESS) en el ámbito del turismo muestra una gran heterogeneidad de procesos en América Latina. En México, la gestión se realiza a través de ejidos o comunidades indígenas, así como de cooperativas, en Argentina mediante pequeñas unidades familiares y cooperativas, organizaciones sociales y comunidades campesinas e indígenas; en Costa Rica con familias campesinas y organizaciones comunitarias y clínicas, en Ecuador a través de comunidades indígenas, organizaciones sociales y empresas de base comunitaria, en Brasil desde unidades familiares, asociaciones y cooperativas. Esta diversidad de formas de gestión supone entonces la existencia de procesos organizativos y educativos asociados a cada una, con implicaciones variadas para la construcción de alternativas económicas. ¿Qué implicaciones diferenciales tiene la heterogeneidad de los procesos organizativos y educativos para la gestión alternativa de proyectos turísticos en áreas rurales? ¿Cómo comparar estos procesos y sus efectos en la construcción de propuestas de solidaridad económica? Como consecuencia, ¿con qué enfoques económicos se articulan

efectivamente las prácticas existentes de turismo en las áreas rurales de América Latina?

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo analizar los procesos organizativos y educativos que sostienen proyectos turísticos manejados de forma colectiva por comunidades rurales, para luego entender si las lógicas, instrumentos y mecanismos existentes permiten hablar de experiencias alternativas a los modelos dominantes, coherentes con el sistema de valores e ideas de la ESS. La investigación se llevará a cabo en 5 países latinoamericanos: México, Costa Rica, Ecuador, Argentina y Brasil. Dicha selección es tentativa pero refleja una representatividad geográfica de América Latina del norte al sur, así como una diversidad significativa en las formas conocidas de gestión alternativa del turismo en áreas rurales. La estrategia metodológica será desarrollada por un equipo presente en cada país con un investigador responsable. La coordinación general de los equipos locales estará a cargo de manera conjunta por la UNAM, México y la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina) y cada investigador será responsable de conducir el trabajo en su país.

Palabras clave: desarrollo rural, turismo alternativo, economía social solidarias, turismo comunitario, Latinoamérica.

Abstract

The construction of alternative practices articulated with the Social and Solidarity Economy (SSE) in the field of tourism shows a great heterogeneity of processes in Latin America. In Mexico, management is carried out through ejidos or indigenous communities, as well as cooperatives; in Argentina through small family units and cooperatives, social organizations and peasant and indigenous communities; in Costa Rica with peasant families and community and clan organizations; in Ecuador through indigenous communities, social organizations and community-based enterprises; in Brazil through family units, associations and cooperatives. This diversity of management forms implies then the existence of organizational and educational processes associated with each one, with varied implications for the construction of economic alternatives. What are the differential implications of the heterogeneity of organizational and educational processes for the alternative management of tourism projects in rural areas? How can we compare these processes and their effects on the construction

of economic solidarity proposals? As a consequence, with what economic approaches are existing tourism practices in rural areas of Latin America effectively articulated?

In this context, the present research aims to analyze the organizational and educational processes that sustain tourism projects managed collectively by rural communities, in order to understand whether the existing logics, instruments and mechanisms allow us to speak of alternative experiences to the dominant models, coherent with the value system and ideas of the SSE. The research will be carried out in 5 Latin American countries: Mexico, Costa Rica, Ecuador, Argentina and Brazil. This selection is tentative but reflects a geographical representativeness of Latin America from north to south, as well as a significant diversity in the known forms of alternative tourism management in rural areas. The methodological strategy will be developed by a team present in each country with a responsible researcher. The general coordination of the local teams will be carried out jointly by UNAM, Mexico and the National University of Quilmes, Argentina) and each researcher will be responsible for conducting the work in his/her country.

Key words: *Rural development, alternative tourism, social solidarity economy, community-based tourism, Latin America.*

PROYECTO 60: Fabricación de celdas biosolares a partir de biomasa de microalgas: Doble cosecha de la energía solar para producción de proteínas fotosintéticas y energía fotovoltaica

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ingeniería de los Materiales, Biotecnología Industrial

Escuelas participantes:

Proponente Ciencia e Ingeniería de materiales

Participante Escuela de Biología

Participante Dispositivos Médicos

Investigador Coordinador: Dra. Claudia Chaves Villarreal

Correo: cchaves@tec.ac.cr

Resumen

abundancia de algún material primas, los procesos intensivos en energía, las sustancias peligrosas y las emisiones de gases de efecto invernadero de su manufactura. Nuevos materiales ambientalmente sostenibles y abundantes en la naturaleza se están integrando en celdas fotovoltaicas, especialmente en las celdas sensibilizadas con tiente. La biomolécula fotosintética fotosistema I (PSI) tiene un enorme potencial como absorbente de luz en la tecnología de celdas sensibilizadas, debido a la presencia de cromóforos, alto rendimiento cuántico, abundancia y estabilidad química. Este proyecto es la integración de los esfuerzos y amplia experiencia de dos grupos de investigación del TEC liderados por mujeres, el Laboratorio de Microalgas y el de Biotrónica, y un grupo líder a nivel mundial en celdas biosolares, el Laboratorio del Dr. Barry Bruce de la University of Tennessee Knoxville (UTK). Este conjunto propone la producción de PSI a partir de microalgas *Arthrospira* máxima, la caracterización de sus propiedades optoelectrónicas y su aplicación en celdas solares biosensibilizadas. Las microalgas serán producidas en lagunas grandes expuesta a luz solar natural en el trópico y la extracción de su biomasa se realizará por métodos ya desarrollados por el Laboratorio de Microalgas. La extracción, purificación y

caracterización bioquímica de la PSI se realizará por medio de transferencia tecnológica de UTK al TEC. Las propiedades optoelectrónicas de la PSI aislada se caracterizarán por un método dielectroforético novedoso usando electrodos nanodistanciados desarrollado por Dr. Leonardo Lesser-Rojas de la Universidad de Costa Rica. Así se puede estudiar la conductividad de PSI y su interacción con el electrodo, un sistema similar a PSI en una celda bioPV. El grupo de Biotrónica trabajará en avanzar el fotoánodo de la celda biosensibilizada, mejorando la nanoestructura del semiconductor TiO₂ y el método de inmovilización con orientación preferencial de la PSI. La tecnología desarrollada en este proyecto tiene como fin realizar una doble cosecha de la energía solar para generación de energía renovable usando la fotosíntesis, primero en el crecimiento de microalgas a partir de nutrientes de aguas residuales y fijación de CO₂, y, segundo, generando energía fotovoltaica en las celdas biosolares de PSI.

Palabras clave: *Fotosistema I, biofotovoltaica, microalgas, biomasa, fotoánodo nanoestructurado, dielectrophoresis, SERS, nanoelectrodos, bio-sensitized solar cell.*

Abstract

Current photovoltaic (PV) technology faces challenges for its long-term sustainability, including the low abundance of raw materials, the energy-intensive processes, hazardous materials and the emission of greenhouse gas for their manufacturing. New materials that are more environmentally sustainable and abundant in nature are being integrated in PV technologies, especially in dye-sensitized solar cells (DSSC). The photosynthetic biomolecule photosystem I (PSI) is a promising light absorber in SSC technology, due to its chromophores, high quantum yield, abundance, and chemical stability. This Project is the integration of long-term efforts and experiences of two research groups led by women from TEC, the Microalgae and Biotronics groups, and a world leader in this technology, the group of Dr. Barry Bruce from University of Tennessee Knoxville (UTK). This proposal addresses the production of PSI from microalgae *Arthrospira máxima*, the characterization of its optoelectronic properties and the development of advanced PSI bio-SSCs. The microalgae will be produced in large ponds exposed to natural solar light in the tropics and their biomass will be extracted by well-developed methods of the Microalgae group. The extraction, purification and biochemical characterization of PSI will be performed by technology transfer

from UTK to TEC. The optoelectronic properties of the PSI molecule isolated will be characterized by a state-of-the-art dielectrophoretic method combined with surface enhanced Raman spectroscopy (SERS) using nanogap electrodes developed by Dr. Leonardo Lesser Rojas from the Universidad de Costa Rica. The conformation and conductivity of PSI at different states of photoexcitation will be studied

to better understand the photocurrent obtained for the bio-SSC. The Biotronics group will work on the advancement of the photoanode for the device, by improving the nanostructure of the TiO₂ semiconductor and the method for oriented immobilization of the protein on the semiconductor. The technology developed in this project aims to perform double harvest of solar energy into renewable energy using photosynthesis, first to grow the microalgae from wastewater and perform CO₂ fixation, and second, for the generation of photovoltaic energy in the PSI biosolar cells.

Key words: *Photosystem I, biosolar, microalgae, biomass, nanostructured photoanode, bio-sensitized solar cell, dielectrophoresis, SERS, nanoelectrodes.*

PROYECTO 61: Desarrollo de patrón de estimulación mecánica para inducir la diferenciación de mioblastos a músculo esquelético

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS MÉDICAS Y DE LA SALUD

Sub área: Biotecnología de la Salud

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Materiales

Participante Escuela de Biología

Participante Escuela de Física

Participante Dispositivos Médicos

Investigador Coordinador: Roger Moya Roque

Correo: rmoya@tec.ac.cr

Resumen

Los tejidos del cuerpo humano están sometidos a distintos tipos de estímulos, entre ellas, la estimulación mecánica. Esta incide enormemente en procesos vitales como: desarrollo embrionario, crecimiento, diferenciación e incluso muerte celular. Determinar las condiciones específicas bajo la cual se desarrolla un tejido de músculo esquelético a partir de células progenitoras es un problema crucial a resolver para poder obtener tejidos tridimensionales in-vitro que puedan ser utilizados como modelos de estudio.

Por lo anterior, el objetivo principal de este proyecto consiste en buscar y definir cuál es el patrón de estimulación mecánica que permita diferenciar a las células c2c12 inoculadas en andamios tridimensionales en células musculares maduras para poder impulsar el desarrollo de un tejido muscular que sirva para múltiples estudios.

Para ello, primero se estandarizarán las condiciones en el biorreactor desarrollado en la etapa anterior (patentado por nuestro grupo) en las cuales las células logren la mayor viabilidad. Más específicamente, el polímero PCL se colocará en microfilamentos, se esterilizará de manera que no pierda sus propiedades mecánicas y se recubrirá con colágeno tipo I para

favorecer la biocompatibilidad para así, inocular y estudiar la adhesión y proliferación celular. Este sistema se colocará en el biorreactor con diferentes tipos y condiciones de estimulación mecánica controlada para determinar las condiciones óptimas y así lograr la mejor proliferación, morfología y diferenciación en fibras musculares maduras y funcionales.

Una vez logrado este objetivo se pretende optimar este modelo de estudio para aplicarlo en investigaciones relacionadas a regeneración tisular, efecto de fármacos entre otros.

Palabras clave: *ingeniería de tejidos, músculo esquelético, estimulación mecánica, diferenciación celular, biocompatibilidad*

Abstract

The tissues of the human body experience different types of stimuli, including mechanical stimulation. This stimulation greatly affects cell's vital processes such as: embryonic development, growth, differentiation and even cell death. Studying the specific conditions on how skeletal muscular tissue develops from progenitor cells is a crucial problem to solve. This

will provide insight into obtaining in-vitro three-dimensional tissues that can be used as study models study models. The main objective of this project is to investigate a mechanical stimulation pattern that allows differentiation of C2C12 cells inoculated in three-dimensional scaffolds into mature muscular cells in order to achieve an in-vitro muscle tissue that may be used for further studies.

The cell growth conditions that allow the greatest viability were standardized previously inside a bioreactor developed in a previous research. Microfilaments are fabricated using PCL, these are sterilized and coated with type I collagen to enhance biocompatibility. The scaffold is inoculated with the C2C12 cells. The scaffold will be placed in the mechanical stimulation bioreactor with different types mechanical stimulation to determine the optimal conditions of cell growth and thus achieve the best proliferation, morphology and differentiation into mature and functional muscle fibers. Once this objective has been achieved, it is intended to optimize this study model to apply it in research related to tissue regeneration, the effect of drugs, among others.

Key words: *tissue engineering, skeletal muscle, mechanical stimulation, cell differentiation, biocompatibility*

PROYECTO 62: Aleaciones ligeras de magnesio y aluminio nanoestructuradas por deformación plástica severa para la fabricación y mejora de sistemas de almacenamiento de energía.

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ingeniería de los Materiales

Escuelas participantes:

Proponente Ciencia e Ingeniería de los Materiales

Participante Electrónica

Investigador Coordinador: Dr. Jorge Cubero Sesín

Correo: jcubero@tec.ac.cr

Resumen

En esta propuesta presentamos una estrategia experimental para producir aleaciones de magnesio y aluminio nanoestructuradas por deformación plástica severa (SPD por sus siglas en inglés) para su aplicación potencial en sistemas de almacenamiento de energía. Más específicamente, proponemos estudios sistemáticos para la síntesis de: aleaciones de magnesio para almacenar hidrógeno en estado sólido a través de la formación de hidruros metálicos, así como aleaciones de aluminio para fabricar ánodos de baterías metal-air. En ambos casos, las aleaciones serán procesadas por torsión de alta presión o extrusión en canal angular constante para modificar la microestructura y propiedades mecánicas, obteniéndose nanoestructuras con una mejora en la actividad electroquímica para los ánodos de la batería, así como en la capacidad de hidrogenación-deshidrogenación de los hidruros. Se realizará la caracterización de la microestructura antes y después del procesamiento, así como la medición de las propiedades funcionales propias de la aplicación: cuantificación del hidrógeno almacenado en aleaciones de Mg-X (X = Nb, V, entre otros), y medición de pérdida de masa, cálculo de la tasa

de penetración por corrosión, curvas de polarización y desempeño de baterías con ánodos de Al-X (X = Mg, Zn, entre otros). El desarrollo de una nanoestructura en estos materiales, sumado a la optimización de la composición química es la estrategia clave de esta propuesta, y un factor esencial en estas tecnologías para alcanzar las metas propuestas por organismos internacionales para sistemas de energías limpias a base de generación eléctrica y de hidrógeno verde.

Palabras clave: *magnesio, aluminio, deformación plástica severa, hidruro, almacenamiento de hidrógeno, baterías.*

Abstract

In this proposal, we present an experimental strategy to produce nanostructured magnesium and aluminum alloys by Severe Plastic Deformation (SPD) for their potential application in energy storage systems. More specifically, we propose systematic studies for the synthesis of: magnesium alloys for solid-state hydrogen storage through the formation of metal hydrides, as well as aluminum alloys to make metal-air battery anodes. In both cases, the alloys will be processed by high pressure torsion (HPT) or Equal Channel angular Pressing

(ECAP) to modify the microstructure and mechanical properties, obtaining nanostructures with an improvement in the electrochemical activity for the battery anodes, as well as in the capacity of hydrogenation-dehydrogenation of hydrides. The microstructure characterization will be carried out before and after SPD processing, as well as the measurement of functional properties depending of the application: quantification of the hydrogen stored in Mg-X alloys (X = Ni, Ti, V among others) and polarization curves, mass loss measurements, calculation of corrosion penetration rate (CPR) and battery performance with Al-X anodes (X = Mg, Zn, among others). The development of a nanostructure in these materials, coupled with a proper selection of the chemical composition, is proposed as the key strategy of this proposal, and an essential factor in these technologies to achieve the objectives proposed by international organizations for clean energy systems based on electric power generation and green hydrogen.

Key words: *magnesium, aluminum, severe plastic deformation, hydride, hydrogen storage, batteries*

PROYECTO 63: Caracterización de la nanoestructura de aleaciones de titanio beta producidas por torsión de alta presión para su uso en aplicaciones biomédicas

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ingeniería de los Materiales, Ingeniería Médica

Escuelas participantes:

Proponente Ciencia e Ingeniería de los Materiales

Participante Dispositivos Médicos

Investigador Coordinador: Dr. Jorge Cubero Sesín

Correo: jcubero@tec.ac.cr

Resumen

En esta propuesta se plantean una serie de análisis avanzados para caracterizar la nanoestructura de nuevas aleaciones titanio tipo beta producidas por torsión a alta presión (HPT por sus siglas en inglés) a ser utilizadas en aplicaciones biomédicas. Específicamente las aleaciones bajo este proceso de fabricación presentan una serie de fases con diferentes estructuras cristalinas en escala nanométrica, cuyo control permitiría impartir una mejora significativa en la compatibilidad biológica y mecánica. Para poder determinar las condiciones apropiadas de procesamiento y composición química, se requiere de la caracterización de la aleación mediante diversos análisis tales ensayos mecánicos, microscopía electrónica, difracción de rayos X, análisis calorimétricos, corrosión y de biocompatibilidad; cada uno de los análisis descritos brinda información sobre la nanoestructura y las propiedades funcionales de la aleación. Además, como parte del proyecto las aleaciones se sintetizarán a partir de polvos metálicos y se compararán con aleaciones comerciales de composición química idéntica y procesadas con la misma técnica de deformación por torsión a alta presión, con el objetivo de demostrar que es posible fabricar nuevas aleaciones exitosamente con este proceso. Las actividades serán

realizadas en el Centro de investigación y Extensión en Materiales (CIEMTEC) y el Laboratorio de Microscopía, como parte de un proyecto de tesis de Maestría Académica en Ingeniería en Dispositivos Médicos. Además, se colaborará con el Laboratorio Nacional de Nanotecnología para la medición de algunas propiedades superficiales que permiten predecir la biocompatibilidad de estas aleaciones.

Palabras clave: *Titanio, aleación beta, deformación plástica severa, torsión alta presión, caracterización de materiales.*

Abstract

In this proposal, a series of advanced analyzes are proposed to characterize the nanostructure of new beta-type titanium alloys produced by high pressure torsion (HPT) to be used in biomedical applications. Specifically, the alloys under this manufacturing process present a series of phases with different crystalline structures at the nanometric scale, the control of which would allow a significant improvement in biological and mechanical compatibility. In order to determine the appropriate processing

conditions and chemical composition, the characterization of the alloy is required through various analyzes such as mechanical tests, electron microscopy, X-ray diffraction, calorimetric analysis, corrosion and biocompatibility; each of the analyzes described provides information on the nanostructure and functional properties of the alloy. In addition, as part of the project, the alloys will be synthesized from metallic powders and compared with commercial alloys of identical chemical composition and processed with the same high-pressure torsion deformation technique, with the aim of demonstrating that it is possible to manufacture new alloys. successfully with this process. The activities will be carried out at the Materials Research and Extension Center (CIEMTEC) and the Microscopy Laboratory, as part of an Academic Master's thesis project in Medical Device Engineering. In addition, there will be collaboration with the National Nanotechnology Laboratory for the measurement of some surface properties that allow predicting the biocompatibility of these alloys.

Key words: *Titanium, beta alloys, severe plastic deformation, high pressure torsion, materials characterization.*

PROYECTO 64: Determinación de los mecanismos moleculares de proteínas pro-coagulantes humanas mediante cristalografía de rayos X de macromoléculas biológicas, - Fase II-.

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: CIENCIAS MÉDICAS Y DE LA SALUD

Sub área: Biotecnología de la Salud

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Dr. Erick Hernández Carvajal

Correo: erhernandez@tec.ac.cr

Resumen

Las enfermedades cardiovasculares, entre las que se encuentran los infartos cardíacos y los accidentes cerebrovasculares, continúan siendo la principal causa de morbilidad y mortalidad en países desarrollados y en vías de desarrollo (Wilkins et al., 2017), lo que se traduce en un fuerte impacto económico en el sector salud, y Costa Rica no se exime de esta situación. En parte, lo anterior se debe a que las bases estructurales y funcionales de los procesos de formación de los coágulos sanguíneos o trombos se conocen sólo de forma incompleta y fragmentada. La trombina juega un papel esencial en estos procesos, y los fundamentos atómico-moleculares de su interacción con otros factores que participan en el proceso de coagulación son poco conocidas, en particular su reconocimiento de importantes sustratos humanos como el cofactor VIII y el receptor de plaquetas activados por proteasas (PAR1), los cuales son esenciales en los procesos hemostáticos que participan en la formación del coágulo ante alguna señal de daño vascular. Por otro lado, la cristalografía de rayos X es una técnica que permite resolver la estructura 3D de complejos proteicos, pero requiere la cristalización previa de la muestra a analizar. Con el objetivo de favorecer la formación de cristales del FVIII y de PAR1, respectivamente,

acomplejados con la trombina inhibida, dada la importancia de estas proteínas que modifican los procesos de coagulación sanguínea, y continuando con los resultados obtenidos de proyectos anteriores dentro de la hoja de ruta de esta línea de investigación, y con la colaboración del grupo de investigación del Dr. Pablo Fuentes-Prior (Instituto de Investigación Biomédica del Hospital de Sant Pau, Barcelona), se pretende determinar las interacciones atómico-moleculares entre mutantes específicos del FVIII y del receptor PAR1 complejados con la trombina humana inhibida reversible e irreversiblemente. Para ello (1) se generarán, sobreexpresión y purificarán mutantes dirigidos sobre el factor VIII y el receptor PAR1, (2) se prepararán los complejos correspondientes entre los mutantes dirigidos del FVIII y de PAR1, respectivamente con la trombina inhibida reversible ó irreversiblemente, para buscar las condiciones de cristalización de estos complejos proteicos, (3) los cristales obtenidos se llevarán a difractar con rayos X al sincrotrón ALBA en Barcelona (España), para obtener la información cristalográfica, y (4) a partir de los datos colectados se resolverán las estructuras 3D de los complejos proteicos preparados. Esta investigación se entrelaza perfectamente, y es complementaria a la hoja de ruta de esta línea de investigación, permitiendo avanzar hacia una mejor comprensión de los

procesos de interacción entre la trombina y estos factores proteicos; -y por lo tanto- de los mecanismos de formación de trombos.

Palabras clave: *Enfermedad cardiovascular, mutagénesis dirigida, FVIII, PAR1, trombina inhibida, cristalografía de proteínas.*

Abstract

Cardiovascular diseases, including heart attacks and strokes, remain the main cause of morbidity and mortality in developed and developing countries (Wilkins et al., 2017), which translates into a strong economic impact on the health sector, and Costa Rica is not exempt from this situation. In part, this is due to the fact that the structural and functional bases of the processes of blood clot or thrombus formation are only incompletely and fragmentarily understood. Thrombin plays an essential role in these processes, and the atomic-molecular basis of its interaction with other factors involved in the coagulation process is poorly understood, in particular those with critically important substrates such as cofactor VIII and the platelet protease-activated receptor (PAR1), which are essential in the hemostatic

processes involved in clot formation upon any signal of vascular damage. On the other hand, X-ray crystallography allows the resolution of the 3D structure of protein complexes, but a prerequisite is the crystallization of the sample to be analyzed. With the aim of promoting the crystals formation of FVIII and PAR1, respectively, complexed with inhibited thrombin, given the importance of these proteins that modify blood coagulation processes, and continuing with the results obtained from previous projects within the roadmap of this line of research, and with the collaboration of the research group of Dr. Pablo Fuentes-Prior (Institute for Biomedical Research of the Hospital Sant Pau, Barcelona), the aim is to determine the atomic-molecular interactions between specific mutants of FVIII and PAR1 receptor complexed with reversibly and irreversibly inhibited human thrombin. For this purpose (1) site-directed mutagenesis of FVIII and PAR1 receptor will be generated, overexpressed and purified, (2) protein complexes of site-directed mutants of FVIII and PAR1, respectively, with reversibly or irreversibly inhibited thrombin will be prepared looking for the crystallization conditions of these complexes, (3) the obtained crystals will be X-ray diffracted at the ALBA synchrotron in Barcelona (Spain) to obtain crystallographic data, and (4) from the collected data the 3D structures of the prepared protein

complexes will be solved. This research is perfectly intertwined, and it is complementary to the roadmap of this line of research, allowing to advance towards a better understanding of the processes of interaction between thrombin and these protein factors; -and therefore- of the mechanisms of thrombus formation.

Key words: *Cardiovascular disease, site-directed mutagenesis, FVIII, PAR1, inhibited thrombin, protein crystallography.*

PROYECTO 65: Desarrollo de un prototipo de microencapsulado del hongo biocontrolador *Trichoderma harzianum* obtenido a partir de fermentaciones de conidias en biorreactor

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Biotecnología Ambiental

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Participante Becario Posgrados

Investigador Coordinador: M. Eng. Randall Chacón Cerdas

Correo: rchacon@tec.ac.cr

Resumen

El uso excesivo de pesticidas sintéticos en la agricultura es una de las principales causas de la contaminación de suelos, agua, alimentos, y de la aparición de fitopatógenos agrícolas resistentes. Por ende, es necesario desarrollar bioproductos como alternativas que colaboren en disminuir su impacto negativo ambiental, económico y de salud. Uno de los bioproductos agrícolas más exitosos es la producción masiva de conidias de hongos antagonistas como *Trichoderma harzianum*, el cual cuenta con alta eficiencia y múltiples mecanismos de biocontrol. Su producción masiva se acelera mediante bioprocesos fermentativos en medios líquidos, controlando variables claves del proceso para lograr calidad, homogeneidad y actividad antagonista. Estos bioproductos son una alternativa viable para la producción sostenible, sin embargo, por su naturaleza biológica tienen periodos de almacenamiento cortos y su efectividad depende del buen manejo de los productores. Para mejorar las características de estos bioproductos se cuenta actualmente con herramientas multidisciplinarias como la nanobiotecnología, con la cual se han desarrollado nano y microencapsulados de biomasa o metabolitos. Esta tecnología de microencapsulado confiere nuevas propiedades al sistema, por ejemplo, la dosificación

controlada e inteligente, protección a la conidia o al metabolito contra el ambiente y mayores periodos de almacenamiento de producto con menor pérdida de viabilidad.

Basados en este enfoque, nosotros proponemos un proyecto que desarrolle un prototipo de microencapsulado a partir del hongo antagonista *Trichoderma harzianum*. Inicialmente este hongo se producirá en biorreactor en medio líquido para generar conidias viables bajo condiciones controladas de agitación, nutrición, pH y otras variables fisicoquímicas claves. Se generarán las curvas de crecimiento del hongo una vez optimizadas las condiciones. Paralelamente se irá desarrollando un diseño factorial de condiciones de encapsulación mediante la técnica de gelación iónica donde implica la mezcla del polímero natural de alginato de sodio como agente protector encapsulante y el entrecruzamiento iónico con cationes divalentes de calcio. Esta factorial involucrará una combinación de polímero, agente entrecruzante, agitación y un tratamiento de deshidratación. Las variables que definirán las condiciones óptimas de síntesis serán: tamaño (diámetro hidrodinámico nm), índice de polidispersión, forma, carga superficial (mV), eficiencia de encapsulación, cinética de liberación, protección a radiación UV, viabilidad acelerada (semanas) y antagonismo in vitro (%).

Tomando en cuenta las variables anteriores se realizará la optimización de condiciones para seleccionar el microencapsulado más apropiado para replicarlo en tres pequeños

lotes estandarizados. Además del ensayo de efectividad in vitro que se realizará en cultivos en placa contra tres patógenos de importancia agrícola mundial, se realizará un ensayo en invernadero de efectividad contra *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate utilizando la mejor versión de microencapsulado obtenida en el proyecto.

Pretendemos entonces desarrollar un prototipo de microencapsulado como bioproducto funcional con características mejoradas y con potencial para contribuir en la disminución del uso excesivo de pesticidas sintéticos en la agricultura.

Palabras clave: *Microencapsulación, Trichoderma harzianum, fermentación, control biológico.*

Abstract

The excessive use of synthetic pesticides in agriculture is one of the leading causes of contamination of soil, water, food and the appearance of resistant agricultural phytopathogens. Therefore, it is necessary to develop bioproducts as alternatives that help reduce their negative environmental, economic, and health impacts. One of the most successful agricultural bioproducts is the massive production of antagonist fungal conidia such as *Trichoderma harzianum*, which has high efficiency and multiple biocontrol mechanisms. Fermentation bioprocesses accelerate its production in liquid media by controlling critical variables related to quality, homogeneity, and antagonistic activity. These bioproducts are a viable alternative for sustainable production, however, due to their biological nature, they have short storage periods, and their effectiveness depends on the correct management of the producers. To improve the characteristics of these bioproducts, there are currently multidisciplinary tools such as nanobiotechnology, with which nano and microencapsulated biomass or metabolites have been developed. This microencapsulation technology confers new properties to the system, for example, controlled and smart dosing, protection of the conidia or the metabolite

against the environment, and extended periods of product storage with less loss of viability.

Based on this approach, we propose a project that develops a microencapsulation prototype from the antagonist fungus *Trichoderma harzianum*. Initially, this fungus will be produced in a bioreactor in a liquid medium to generate viable conidia under controlled agitation, nutrition, pH, and other critical physicochemical variables. The growth curves of the fungus will be rendered by software once the conditions have been optimized. At the same time, a factorial design of encapsulation conditions will be developed using the ionic gelation technique, which involves mixing the natural sodium alginate polymer as an encapsulating protective agent and ionic crosslinking with divalent calcium cations. This factorial will include a combination of polymer, crosslinking agent, agitation, and dehydration treatment. The variables that will define the optimal synthesis conditions will be: size (hydrodynamic diameter nm), polydispersion index, shape, surface charge (mV), encapsulation efficiency, release kinetics, UV radiation protection, accelerated viability (weeks), and in vitro antagonism (%). The conditions will be optimized to select the most appropriate microencapsulate procedure to replicate it in three small standardized batches. In addition to the in vitro test

against three relevant phytopathogens, a greenhouse test of effectiveness against *Fusarium oxysporum* will be carried out in tomato plants using the best microencapsulated.

Therefore, we intend to develop a prototype of microencapsulated conidia from *Trichoderma harzianum* as a functional bioproduct with improved characteristics and the potential to reduce the excessive use of synthetic pesticides in agriculture.

Key words: *Microencapsulation, Trichoderma harzianum, fermentation, biological control.*

PROYECTO 66: Caracterización y aprovechamiento de micorrizas como herramienta de producción sostenible y resistencia ante el estrés hídrico en (*Coffea arabica*).

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 30 de abril del 2024

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Ciencias Biológicas

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA y CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Biotecnología Ambiental y Biotecnología Agrícola

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Participante Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología para Sostenibilidad

Investigador Coordinador: Ing. William Rivera Méndez

Correo: wirivera@tec.ac.cr

Resumen

El café es un producto de gran importancia en el mercado mundial; actualmente más de 80 países lo cultivan y poco más de 50 países lo exportan. Además, que en nuestro país tiene una gran importancia económica y social. Las micorrizas son interacciones mutualistas entre hongos y raíces de plantas superiores, que son capaces de ayudar a las plantas a captar nutrientes y agua, a la vez, que la micorriza obtiene carbono y otros cofactores. Coopetarrazú R.L. es la cooperativa de productores de café más grande del país. El Centro para el Desarrollo de Alternativas Orgánicas es el órgano de la Cooperativa que se ha encargado de generar opciones tecnológicas sostenibles para los agricultores asociados. Ha establecido una alianza de trabajo con el Laboratorio de Biocontrol del CIB y han firmado recientemente un acuerdo marco de cooperación con el TEC. Han presentado interés en apoyar económicamente un proyecto liderado por Biocontrol que generará información básica de la diversidad y la reproducción de micorrizas asociadas con raíces de café. Este proyecto pretende evaluar la diversidad de aislamientos de micorrizas, y desarrollar metodologías para la reproducción básica de éstas, en sistemas in vitro e in vivo, que puedan servir como elemento base para el desarrollo de un prototipo de

biofertilizante. El objetivo general de este proyecto es evaluar y caracterizar el potencial de aislamientos de micorrizas obtenidos de suelos agrícolas como herramienta de producción sostenible y resistencia ante el estrés en el cultivo del café. Será financiado en sus gastos operativos por parte de la Cooperativa y se busca que el TEC sea el que cubra el recurso humano con un estudiante de maestría.

Palabras clave: *micorrizas, crecimiento, rendimiento, resistencia, estrés hídrico*

Abstract

Coffee is a product of great importance in the world market; currently, more than 80 countries cultivate it, and just over 50 countries export it. In addition, that in our country it has great economic and social importance. Mycorrhizae are mutualistic interactions between fungi and higher plant roots, which can help plants take up nutrients and water, while mycorrhiza obtains carbon and other cofactors. Coopetarrazú R.L. is the largest coffee producer cooperative in the country. The Center for the Development of Organic Alternatives (CEDAO) is the organ of the Cooperative that has been in charge of generating

sustainable technological options for associated farmers. It has established a working alliance with the Biocontrol Laboratory of the CIB and they have recently signed a framework cooperation agreement with the TEC. They have shown interest in financially supporting a project led by Biocontrol Laboratory that will generate basic information on the diversity and reproduction of mycorrhizae associated with coffee roots. This project aims to evaluate the diversity of mycorrhizal isolates, and develop methodologies for their basic reproduction, in in vitro and in vivo systems, which can serve as a base element for the development of a biofertilizer prototype. The main objective of this project is to evaluate and characterize the potential of mycorrhizal isolates obtained from agricultural soils as a tool for sustainable production and resistance to stress in coffee cultivation. It will be financed in its operating expenses by the Cooperative and it is sought that the TEC is the one that covers the human resource with a masters scholarship.

Key words: *mycorrhizae, onion, coffee, growth, resistance, water stress*

PROYECTO 67: Estudios de las vías genéticas de plantas extremófilas: un nuevo abordaje en ingeniería genética para la tolerancia al estrés abiótico en cultivo agrícolas

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Biotecnología Agrícola

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: PhD. Olman Gómez Espinoza

Correo: oespinoza@tec.ac.cr

Resumen

Las plantas son organismos sésiles, no pueden esconderse ni huir de su entorno, por lo que para poder colonizar los ambientes extremos que existen en el planeta tierra han desarrollado rasgos morfológicos, fisiológicos y metabólicos que les confieren la capacidad de soportar un hábitat extremo siendo capaces de crecer y reproducirse en estas condiciones extremas. Son las llamadas plantas extremófilas. Se ha observado en la naturaleza una compensación (relación inversa) entre la productividad de las plantas (crecimiento, capacidad fotosintética) y la tolerancia al estrés. Este fenómeno parece estar asociado al hecho de que los recursos que las plantas pueden obtener son limitados, entonces cuando las plantas destinan sus recursos a la fotosíntesis y al crecimiento, no pueden desarrollar un mecanismo eficiente de tolerancia y viceversa. Sin embargo, hay un grupo de plantas que se han librado de este compromiso y son consideradas "outliers" de esta relación inversa, porque pueden mantener una importante tolerancia al estrés sin sacrificar la capacidad fotosintética. En un cribado hemos podido encontrar varias de estas plantas atípicas asociadas a ambientes extremos como en la Antártida, el desierto seco del norte de Chile y las altas elevaciones en los Andes. Estas especies son notablemente interesantes porque

han desarrollado mecanismos de tolerancia que no afectan a su capacidad de tener una alta producción primaria. En otras palabras, poseen estrategias de protección muy económicas en términos de asignación de recursos. Este es exactamente el tipo de rasgo útil para aumentar la tolerancia de los cultivos a la sequía u otros factores asociados al cambio climático sin perder una productividad significativa. Este es un reto actual para garantizar la seguridad alimentaria del próximo siglo. En esta propuesta estudiaremos los genes asociados a la capacidad de las especies atípicas para tolerar el estrés con un compromiso limitado de la capacidad fotosintética. Para ello, compararemos las especies atípicas (*Deschampsia antarctica*; *Colobanthus quitensis* y *Prosopis tamarugo*) con sus especies congéneres más cercanas (o filogenéticamente relacionadas) en condiciones óptimas y de estrés y evaluaremos su red de coexpresión génica mediante un enfoque transcriptómico. A partir de las diferentes redes de coexpresión de genes, utilizaremos herramientas de descubrimiento de genes para distinguir los genes importantes asociados a los rasgos atípicos. A continuación, se seleccionarán los genes candidatos de las especies atípicas y se probarán, caracterizarán y validarán mediante un enfoque transgénico transformando plantas modelo como *A. thaliana*, *N. tabacum*, *S. lycopersicon*

y analizando cómo los transgenes modifican la tolerancia al estrés. Nuestra estrategia se basará en un enfoque transcriptómico de alto rendimiento que nos permitirá cuantificar los cientos de genes y proteínas putativas en estos "objetivos extremófilos atípicos"; los perfiles transcriptómicos proporcionarán información sobre la regulación de las redes metabólicas asociadas a las respuestas fisiológicas a las condiciones de estrés. A continuación, los genes candidatos putativos se utilizarán en un enfoque transgénico para validar sus funciones.

Palabras clave: *ambientes extremos, planta outlier, transcriptómica, estrés abiótico, mejoramiento de plantas*

Abstract

Plants are sessile organism, they cannot hide or run away from their environment, therefore in order to be able to colonize extreme environments that exist in the planet earth they have developed morphological, physiological and metabolic traits that confer them the ability to withstand extreme habitat being able to grow and reproduce under these extreme conditions. These are called extremophile plants. A trade-off (Inverse relationship)

between plant productivity (growth, photosynthetic capacity) and stress tolerance has been observed in nature. This phenomenon seems to be associated with the fact that resources that plants can obtain are limited, then when plants allocate its resources to photosynthesize and growth, then cannot develop efficient tolerance mechanism and vice versa. However, there is a group of plants that have scape from this trade-off and are considered “outliers” of this inverse relationship, because they can maintain a significant stress tolerance without sacrificing photosynthetic capacity. In a screening we have been able to find several of these outliers associated to extreme environments such as Antarctica, dry desert in Northern Chile and high elevation in the mountains. These species are remarkably interesting because they have developed tolerance mechanisms that do not affect their capacity to have a high primary production. In other words, very economical protective strategies in terms of resource allocation. This is exactly the kind of trait useful to increase crop tolerance to drought or other factors associated to climate change without losing significant productivity. This is a challenge today to ensure food security for the next century. In this proposal we will study genes associated to the capacity of outlier species to tolerate stress with limited compromise of photosynthetic

capacity. Here we will compare outlier species (*Deschampsia antarctica*; *Colobanthus quitensis* and *Prosopis tamarugo*) with their closest congeneric (or phylogenetically related) species under optimal and stress conditions and evaluate their gene co-expression network using a transcriptomic approach. From different gene co-expression network, we will use gene discovery tools to distinguish important genes associated to outlier traits. Then candidate genes will be selected from outlier species and then will be tested, characterized, and validated using a transgenic approach by transforming model plants such as *A. thaliana*, *N. tabacum*, *S. lycopersicon* and analyzing how transgenes modify stress tolerance. Our strategy will be based on a high-throughput transcriptomics approach that will let us quantify the hundreds of genes and putative proteins in these “outlier extremophile targets”; transcriptomes profiles will provide insights into the regulation of the metabolic networks associated with the physiological responses to stress conditions. Then putative candidate genes will be used in a transgenic approach to validate their functions.

Key words: *extreme environments, outlier plant, transcriptomics, abiotic stresses, plant breeding*

PROYECTO 69: Acuicultura descarbonizada: Mitigación de carbono mediante la generación de suplementos alimenticios con microalgas nativas

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 30 de junio del 2023

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Ciencias Biológicas

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: MSc. Maritza Guerrero Barrantes

Correo: mguerrero@tec.ac.cr

Resumen

La acuicultura en Costa Rica generaba para el año 2015 alrededor de 1.350 puestos de trabajo en forma directa y 1300 asociados al procesamiento. Sin embargo, es un sector que no ha logrado un crecimiento estable durante los últimos años. Con más de 1200 km de litoral, en Costa Rica no se ha explotado el total potencial que la acuicultura podría aportar a la economía nacional y a los pobladores de las regiones costeras. Además, la acuicultura es un sistema altamente vulnerable a los efectos asociados al COVID-19. Según la FAO, cada etapa de la cadena de este proceso es susceptible de ser perturbada o detenida por los impactos derivados de la COVID-19. Estas consideraciones convierten a la acuicultura en un sector altamente vulnerable, donde las personas que dependen de estos empleos se encuentran en un estado frágil, con alta incertidumbre ante eventos fortuitos. Según la Estrategia Económica Territorial 2020-2050 de Costa Rica, los empleos asociados a la acuicultura se encuentran en los umbrales de calidad más bajos del país, en un nivel precario. Impulsar la acuicultura es proceso integral que requiere de inversión en tecnología y desarrollo en las zonas costeras. Sobre esta mira, el presente proyecto tiene como objetivo estimular la acuicultura nacional mediante la creación de tecnología específica para

uno de los segmentos que más eleva los costos de la producción acuícola, la alimentación (piensos acuícolas). La tecnología a base de microalgas pretende aumentar la sostenibilidad y competitividad de cultivos acuícolas liderados por mujeres (productoras de tilapia), a la vez que las microalgas colaboren con la captura de CO₂ y eliminación de contaminantes en agua. Nuestro producto abordaría directamente el problema asociado a la dependencia de materias primas para la formulación de los alimentos de especies acuáticas y parcialmente a la reducción en el uso de antibióticos. En la acuicultura, las microalgas son una importante fuente de nutrición de peces o crustáceos, proveen proteínas, lípidos y carbohidratos; y son una fuente de antioxidantes para mejorar el sistema inmune de los animales acuáticos, superando los problemas del abuso de antibióticos. Por lo tanto, el uso de la biomasa de microalgas como componente de alto valor añadido es muy necesario para la acuicultura moderna. Bajo este escenario, el Laboratorio de Microalgas del Centro de Investigación en Biotecnología del Instituto Tecnológico de Costa Rica cuenta con más de 13 años de experiencia en la investigación y desarrollo aplicado a la biotecnología de las microalgas. En colaboración con INCOPECA y asociaciones de mujeres acuicultoras de tilapia,

en este proyecto se realizará la formulación del suplemento nutricional a base de microalgas, el diagnóstico de la productividad de tilapia alimentada con el suplemento nutricional, capacitación a los acuicultores en el uso e implementación del suplemento nutricional y el dictamen de la reducción en la huella de carbono al sustituir parcial o totalmente las dietas de los cultivos acuícolas con el suplemento nutricional formulado. Este último punto colaborará en gran medida con la descarbonización de la acuicultura en Costa Rica.

Palabras clave: *Cultivo de tilapia, formulación microalgal, acuicultura, reactivación de la economía*

Abstract

Aquaculture in Costa Rica generated around 1,350 direct jobs and 1,300 jobs associated with processing in 2015. However, it is a sector that has not achieved stable growth in recent years. With more than 1,200 km of coastline, Costa Rica has not exploited the full potential that aquaculture could bring to the national economy and to the inhabitants of coastal regions. In

addition, aquaculture is a system that is highly vulnerable to the effects associated with COVID-19. According to FAO, each step in the chain of this process is susceptible to being disrupted by COVID-19 impacts. These considerations make aquaculture a highly vulnerable sector, where the people who depend on these jobs are in a fragile state, with high uncertainty in the face of fortuitous events. According to Costa Rica's Territorial Economic Strategy 2020-2050, jobs associated with aquaculture are at the lowest quality thresholds in the country, at a precarious level. Promoting aquaculture is an integral process that requires investment in technology and development in coastal areas. With this in mind, this project aims to stimulate national aquaculture through the creation of specific technology for one of the segments that most increases the costs of aquaculture production, feed (aquaculture feed). The microalgae-based technology aims to increase the sustainability and competitiveness of aquaculture crops led by women (tilapia producers), while microalgae collaborate with the capture of CO₂ and elimination of pollutants in water. Our product would directly address the problem associated with the dependence on raw materials for the formulation of aquatic species feeds and partially reduce the use of antibiotics. In aquaculture, microalgae are an important source of nutrition for

fish or crustaceans, providing proteins, lipids and carbohydrates; and are a source of antioxidants to improve the immune system of aquatic animals, overcoming the problems of antibiotic abuse. Therefore, the use of microalgae biomass as a high value-added component is very necessary for modern aquaculture. Under this scenario, the Microalgae Laboratory of the Biotechnology Research Center of the Technological Institute of Costa Rica has more than 13 years of experience in research and development applied to microalgae biotechnology. In collaboration with INCOPECA and associations of women tilapia farmers, this project will formulate a nutritional supplement based on microalgae, diagnose the productivity of tilapia fed with the nutritional supplement, train farmers in the use and implementation of the nutritional supplement, and evaluate the reduction in the carbon footprint by partially or totally replacing the diets of aquaculture crops with the formulated nutritional supplement. This last point will greatly contribute to the decarbonization of aquaculture in Costa Rica.

Key words: *Tilapia farming, microalgae formulation, aquaculture, economic recovery*

PROYECTO 70: Papp Fase I: Establecimiento de un modelo intestinal in vitro para el cálculo del coeficiente de permeabilidad aparente de compuestos bioactivos

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: CIENCIAS MÉDICAS Y DE LA SALUD

Sub área: Biotecnología de la Salud

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Dra. Laura Calvo Castro

Correo: ancalvo@tec.ac.cr

Resumen

La permeabilidad intestinal es uno de los principales factores que afectan la absorción de sustancias administradas por vía oral. Los modelos de permeabilidad in vitro pueden ayudar a identificar sustancias cuya farmacocinética es deficiente desde etapas tempranas de investigación y, al mismo tiempo, facilita la predicción de la permeabilidad de sustancias prometedoras para continuar en fases clínicas posteriores [1]. En el Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) de la Escuela de Biología, se han estudiado múltiples compuestos con alto potencial biomédico, principalmente de origen vegetal, pero de muchos de ellos se desconoce su perfil de absorción, por lo que es necesario contar con métodos apropiados para evaluar la permeabilidad intestinal y así poder predecir de forma más acertada su posible aprovechamiento. Las células humanas Caco-2 diferenciadas, son un modelo in vitro de permeabilidad intestinal humana estándar para determinar la biodisponibilidad oral de sustancias [2, 3]. Por lo tanto, el objetivo de esta propuesta de investigación consiste en establecer en el CIB el sistema de tres compartimientos (lumen/apical, intracelular, y basolateral) con células humanas Caco-2 diferenciadas para el cálculo del coeficiente de permeabilidad aparente de compuestos bioactivos y su consecuente utilización para la

predicción de la biodisponibilidad de sustancias en modelos animales y en fases clínicas posteriores.

Palabras clave: *Caco-2, permeabilidad intestinal, biodisponibilidad.*

Abstract

Intestinal permeability is one of the main factors affecting the absorption of orally administered substances. In vitro permeability models can help to identify substances whose pharmacokinetics are deficient from early stages of investigation and, at the same time, facilitate the prediction of permeability of promising substances, to continue with later clinical phases [1]. Multiple compounds, mainly of plant origin, with high biomedical potential have been studied at the Biotechnology Research Center (CIB) of the School of Biology, but their absorption profile is unknown; thus, appropriate methods to assess intestinal permeability are necessary. The differentiated human Caco-2 cells are a standard in vitro model of human intestinal permeability to determine the oral bioavailability of substances [2, 3]. Therefore, the objective of this research proposal is to establish at CIB the three compartment system (lumen / apical,

intracellular, and basolateral) with differentiated human Caco-2 cells for the calculation of the apparent permeability coefficient of bioactive compounds, and its consequent use for the prediction of bioavailability in animals models and in later clinical phases.

Key words: *Caco-2, intestinal permeability, bioavailability.*

PROYECTO 71: Comparación del escenario de exposición a tóxicos para Nefropatía Mesoamericana (Enfermedad Renal Crónica ERC) entre Costa Rica y Panamá y su correlación con la salud de la población afectada.

Periodo de ejecución:

Del 07 de marzo 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: CIENCIAS MÉDICAS Y DE LA SALUD

Sub área: Ciencias de la Salud

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Dra. Virginia Montero Campos

Correo: vmontero@tec.ac.cr

Resumen

Cada vez más personas son diagnosticadas con Enfermedad Renal Crónica (ERC) en Costa Rica. Según se tienen contabilizados hasta marzo de 2019, 27000 costarricenses con ese padecimiento son atendidos en algún hospital de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) en todo el país. La tasa de incidencia (casos nuevos por año) pasó de 133,8 por cada 100 000 habitantes en el 2016 a 244,6 en el año 2018. La mortalidad por esta causa también se ha visto en aumento, pues en los últimos diez años se pasó de 600 fallecimientos anuales a 1800 en la actualidad. En Costa Rica se ha identificado que los cantones de Cañas y Bagaces poseen tasas superiores al promedio nacional, siendo el distrito Bebedero de Cañas el que contabiliza la mayor tasa calculada a 450 por 100.000 habitantes. En Panamá la situación no es menos preocupante, en promedio 46 personas fallecen por esta causa cada mes en todo el país. Los datos actualizados al 2019 indican que en Panamá existen 26 087 pacientes de enfermedad renal crónica de los cuales un 55.34% son hombres y un 44.66% son mujeres. La provincia de Coclé presenta la tasa de prevalencia de ERC más alta del país. De acuerdo a datos del 2018 se han identificado en esta provincia conglomerados de morbi-mortalidad de enfermedad renal

crónica que superaran en tres y cuatros veces el promedio nacional. La Organización Mundial de la Salud ha considerado que en Centroamérica la enfermedad es totalmente geográfica. El proyecto consistirá en una cooperación técnico científica para realizar una comparación de exposición a tóxicos ambientales entre los dos países que comparten una misma patología que es la Nefropatía Mesoamericana, un tipo especial de Insuficiencia Renal Crónica (ERC) que afecta principalmente gente joven de ambos países y lo que se busca es la correlación de variables ambientales con la salud de la población afectada. En la cooperación se busca que, por un lado, Panamá pueda armar su escenario de exposición de la enfermedad a tóxicos ambientales propios de una zona de influencia volcánica en el área central de su país, específicamente la provincia de Coclé, tomando de referencia las variables analizadas por Costa Rica, todo esto en el marco de trabajo de la investigación llevado a cabo por el investigador Benedicto Valdés en su tesis doctoral llamada: “Análisis de factores ambientales nefrotóxicos y su relación con la alta incidencia poblacional de la Enfermedad Renal Crónica de Panamá”. Y por el otro lado, Costa Rica va a armar el escenario de exposición para el cantón de Bagaces a partir de lo que ya se ha determinado para el cantón de Cañas, lugares con la mayor incidencia de casos de Costa Rica,

además se busca que Costa Rica pueda determinar si la génesis del problema que posee el país es la misma que se puede observar en los casos de Panamá. El proyecto busca, para reforzar el escenario de exposición, la cuantificación de metales pesados nefrotóxicos de los suelos de las zonas volcánicas de alta incidencia de ambos países.

Palabras clave: *Metales pesados nefrotóxicos, insuficiencia renal crónica, escenario de exposición.*

Abstract

More and more people are diagnosed with Chronic Kidney Disease (CKD) in Costa Rica. As counted up to March 2019, 27,000 costaricans with this condition are treated in a hospital of the Costa Rican Social Security Fund (CCSS) throughout the country. The incidence rate (new cases per year) went from 133.8 per 100,000 inhabitants in 2016 to 244.6 in 2018. Mortality from this cause has also increased, since in the last ten years it went from 600 annual deaths to 1,800 today. In Costa Rica, it has been identified that the cantons of Cañas and Bagaces have rates higher than the national average, Bebedero from Cañas district being the one with the highest rate calculated at 450 per

100,000 inhabitants. In Panama the situation is no less worrying, on average 46 people die from this cause every month throughout the country. Data updated to 2019 indicate that in Panama there are 26,087 patients with chronic kidney disease, of which 55.34% are men and 44.66% are women. The province of Coclé has the highest CKD prevalence rate in the country. According to data from 2018, conglomerates of morbidity and mortality from chronic kidney disease have been identified in this province that exceed three and four times the national average. The World Health Organization has considered that in Central America the disease is entirely geographical. The project will consist of technical-scientific cooperation to compare exposure to environmental toxins between the two countries that share the same pathology, Mesoamerican Nephropathy, a special type of Chronic Renal Insufficiency (CKD) that mainly affects young people from both countries, looking for correlation of environmental variables with the health of the affected population. The cooperation seeks that, on the one hand, Panama can build its scenario of exposure of the disease to environmental toxins typical of a zone of volcanic influence in the central area of its country, specifically the province of Coclé, taking as reference the variables analyzed by Costa Rica, within the framework of the research carried out by the researcher

Benedicto Valdés in his doctoral thesis called: "Analysis of nephrotoxic environmental factors and their relationship with the high population incidence of Chronic Kidney Disease in Panama". On the other hand, Costa Rica is going to set up the exposure scenario for the canton of Bagaces based on what has already been determined for the canton of Cañas, places with the highest incidence of cases in Costa Rica, and it is also sought that Costa Rica can determine if the genesis of the problem that the country has is the same as that which can be observed in the cases of Panama. The project seeks, to reinforce the exposure scenario, the quantification of nephrotoxic heavy metals in the soils of the high incidence volcanic areas of both countries.

Key words: *Nephrotoxic heavy metals, chronic kidney disease, exposure scenario.*

PROYECTO 72: Validación de un método de cuantificación de metabolitos de Cannabis sp. mediante HPLC-DAD-FL

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: CIENCIAS MÉDICAS Y DE LA SALUD

Sub área: Biotecnología de la Salud

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Participante Escuela de Agronomía San Carlos

Participante Escuela de Administración de Empresas

Participante Escuela de Biología

Investigador Coordinador: M.Ing. Carlos Alvarado Ulloa

Correo: calvarado@tec.ac.cr

Resumen

Antecedentes. El proyecto de ley con expediente n.º 21.388 “Ley del cannabis para uso medicinal y terapéutico y del cáñamo para uso alimentario e industrial” permitiría “el acceso y la utilización del cannabis y sus derivados exclusivamente para uso medicinal y terapéutico, a fin de garantizar el derecho fundamental a la salud de toda la población costarricense”, así como “el fomento de encadenamientos productivos que beneficien prioritariamente a los pequeños productores agropecuarios”. Además, este proyecto declara de interés público “las investigaciones que realicen la Caja Costarricense de Seguro Social y las universidades públicas para desarrollar nuevos medicamentos, productos y tratamientos terapéuticos que permitan aprovechar los beneficios del cannabis” (Art. 23). Esta ley permitiría cultivar, producir, industrializar, y comercializar cáñamo o cannabis no psicoactivo; sin embargo, todas las actividades con cannabis psicoactivo, incluyendo aquellas con fines de investigación científica o docencia universitaria, requerirán autorización, control, vigilancia, supervisión e inspección por parte del Ministerio de Salud (MINSa), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto Costarricense sobre Drogas. El MINSa establecerá los rangos permitidos de CBD y THC que podrán contener los

medicamentos y otros productos de valor agregado para uso médico o terapéutico, y se requerirán estudios técnicos para comprobar estos rangos. Además, se deberá acreditar el origen de la materia prima e implementar sistemas de trazabilidad a lo largo toda de la cadena de producción. Definición del problema. Hasta donde es de nuestro conocimiento, aunque ya se comercializan productos con contenido de CBD en Costa Rica, no se cuenta con pruebas de laboratorio validadas bajo normas internacionales en laboratorios públicos de Costa Rica, que permitan determinar el perfil de cannabidiolos (CBD) y tetrahidrocannabinoles (THC) en productos comerciales. La disponibilidad de estas pruebas será necesaria especialmente para actividades de investigación y para pequeños productores, para que puedan validar el cumplimiento de los rangos de CBD y THC permitidos por el MINSA. Metodología.

El Centro de Investigación en Biotecnología de la Escuela de Biología del TEC cuenta desde el 2021 con un equipo de cromatografía por HPLC-DAD-FL, con el cual se establecerá el método de análisis de dichos compuestos, y se validará mediante el método de validación del Centro para la Evaluación e Investigación de Fármacos de la Administración de Alimentos y Fármacos de Estados Unidos (FDA). Además, se realizará un análisis exploratorio de productos comerciales ya disponibles

en el mercado, para confirmar el cumplimiento de los rangos permitidos. Resultados esperados. El principal resultado del proyecto será la disponibilidad de una prueba diagnóstica de cannabinoides en productos a ser comercializados en Costa Rica, o para investigaciones científicas, manteniendo al TEC a la vanguardia de las necesidades del país.

Palabras clave: *Cannabis sp., cannabinoides, cáñamo, HPLC, cuantificación.*

Abstract

Background. The bill with file No. 21,388 "Law on cannabis for medicinal and therapeutic use and hemp for food and industrial use" will allow "the access and use of cannabis and its derivatives exclusively for medicinal and therapeutic use, in order to guarantee the fundamental right to health of the entire Costa Rican population", as well as "the promotion of productive chains that primarily benefit the small agricultural producers". In addition, this project declares of public interest "the research carried out by Caja Costarricense de Seguro Social and public universities to develop new medicines, products and therapeutic treatments that allow the benefits of cannabis to be exploited"

(Art. 23). This law pretends to allow the cultivation, production, industrialization, and marketing of hemp or non-psychoactive cannabis; however, all activities with psychoactive cannabis, including those for scientific research or university teaching purposes, will require authorization, control, surveillance, supervision and inspection by the Ministry of Health (MINSa), the Ministry of Agriculture and Livestock (MAG) and the Costa Rican Institute on Drugs. MINSa will establish the permitted CBD and THC ranges in medicines and other value-added products for medical or therapeutic use, and technical studies will be required to verify these ranges. In addition, the origin of the raw material must be certified and traced throughout the entire production chain. Problem. To the best of our knowledge, even though CBD products are already commercialized in Costa Rica, there are no laboratory tests validated under international standards in public laboratories in Costa Rica, to determine the profile of cannabidiols (CBD) and tetrahydrocannabinols (THC) in commercial products. The availability of these tests will be necessary for future research activities and for small producers, so that they can validate compliance with the ranges of CBD and THC allowed by MINSa. Methods. Since 2021, the Biotechnology Research Center (CIB) of the School of Biology at TEC has an HPLC-DAD-FL chromatography equipment, with

which the method of analysis of said compounds will be established and validated through the Center for Drug Evaluation and Research of the US Food and Drug Administration guidelines (FDA). In addition, an exploratory analysis of commercial products already available on the market will be carried out, in order to confirm compliance with the permitted ranges. Expected results. The main result of the project will be the availability of a diagnostic test for cannabinoids in products to be marketed in Costa Rica, or for scientific research, keeping TEC at the forefront of the needs of the country.

Key words: *Cannabis sp., cannabinoids, hemp, HPLC, quantification.*

PROYECTO 73: Genómica de actinobacterias asociadas avispas sociales para estudio de elementos genéticos antimicrobianos

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Biotecnología Ambiental

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Dra. Laura Chavarría Pizarro

Correo: laura.chavarria@tec.ac.cr

Resumen

La mayoría de los antibióticos que se utilizan para tratar infecciones en seres humanos actualmente no están siendo eficaces debido a la resistencia que muchos microorganismos están desarrollando contra estos medicamentos. Dichos mecanismos de resistencia son transferidos entre los microorganismos de forma acelerada, por lo que en la actualidad existen patógenos que provocan infecciones resistentes a todas las clases de antibióticos de uso clínico, y por lo tanto intratables. Por este motivo la Organización Mundial de la Salud desde el año 2014 ha llamado la atención sobre la necesidad de buscar nuevos tratamientos de fuentes que no han sido exploradas hasta el momento. En este contexto, los insectos sociales tienen algunas características que los hacen organismos ideales para buscar nuevos compuestos antibióticos para uso farmacéutico; por ejemplo, viven en colonias de muchos individuos en un ambiente relativamente estable (de forma similar a como viven los humanos en las ciudades), y además acumulan desechos en sus nidos, condiciones que son ideales para el desarrollo de patógenos. Por este motivo, es posible que mantengan relaciones simbióticas con bacterias bioactivas contra patógenos, que no han sido exploradas. A pesar de que algunos insectos sociales

como las hormigas han sido estudiados, hasta el momento se conoce muy poco sobre los compuestos antibióticos producidos por los microorganismos asociados a las avispas sociales neotropicales (Epiponini). En este sentido, se realizaron dos proyectos de investigación VIE en los años 2017 y 2019, con el objetivo de aislar actinobacterias de colonias de avispas para identificarlas, y determinar su potencial antibiótico contra microorganismos patógenos. Como resultado de estos proyectos se aislaron actinobacterias de las celdas de cría y de los adultos. Este grupo de bacterias ha sido históricamente caracterizado como la mayor fuente de productos naturales. Un 75% de las cepas obtenidas inhibieron el crecimiento de diferentes patógenos, demostrando la capacidad que tiene este recurso como fuente promisoría para el descubrimiento de nuevas moléculas antibióticas. Por estos motivos, en este nuevo proyecto se pretende identificar algunos metabolitos que podrían estar siendo producidos por las cepas que inhibieron el crecimiento de patógenos, mediante el análisis del genoma utilizando herramientas bioinformáticas. Las secuencias genómicas de las actinobacterias serán obtenidas por medio de la colaboración con el Instituto Pasteur de París (Francia), que utilizará la tecnología Illumina para obtener el genoma completo de los microorganismos. Los resultados obtenidos serán muy

importantes en el estudio de nuevos compuestos antibióticos, dando continuidad a los resultados sumamente prometedores obtenidos de los proyectos anteriores. Además, ayudarán a entender el establecimiento de las relaciones simbióticas entre microorganismos y avispas.

Palabras clave: *avispa social, actinobacterias, genoma, antibióticos.*

Abstract

Antimicrobial resistance within a wide range of infectious agents is a public health threat of broad concern. Resistance mechanisms are transferred within microorganism communities, and for this reason nowadays, some pathogens are resistant to all kinds of clinical use treatments. As a consequence, common infections and minor injuries cannot be treated any more in some countries. Since 2014 the World Health Organization warns about the urgency of detecting new treatments from new sources, mainly antibiotics. Social insects have some features in their social organization similar to human societies; making them key organisms to search for new antibiotic metabolites. For example: they live in colonies with thousand or millions of

individuals jammed together, in a stable environment and accumulate waste; similar to humans living in cities. Despite some social insect as ants have been studied, Neotropical Social Wasps (Epiponini) are unknown, as consequence, knowledge about antibiotic metabolites produced by microorganisms associated to wasps is limited. For this reason, in 2017 and 2019 we executed two VIE researches in order to isolate actinobacteria from social wasp colonies, and tested their antimicrobial activity against different pathogens. As result of these researches, we obtained actinobacteria from brood cell and workers. This group of microorganisms is characterized for producing antibiotic metabolites. Also, 75% of isolated strains suppress pathogen growth. For this reason, the main goal of this research proposal is identify antibiotic metabolites produced by strains that suppress pathogen growth, through genome analysis and bioinformatic tools. Actinobacteria sequences will be provided by Pasteur Institute from Paris, through Illumina technology. Obtain results will be important for the study of novel antibiotics and will contribute to understand symbiotic relationships between microorganisms and social insects.

Key words: *social wasps, actinobacteria, genome, antibiotics.*

PROYECTO 74: Vida en el extremo: Novedoso abordaje para la exploración genómica y fisiológica de microorganismos fotosintéticos extremófilos

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Biotecnología Ambiental

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: PhD. Kattia Núñez Montero

Correo: knunez@tec.ac.cr

Resumen

Algunos microorganismos extremófilos son capaces de vivir en los entornos más extremos de la Tierra, desde aguas termales tóxicas hasta los desiertos de gran altitud, soportando condiciones de alta salinidad, presión, presencia de metales pesados, entre otros. A pesar de la dificultad que representa su cultivo en laboratorio, muchos científicos alrededor del mundo han indagado en su estudio y los han propuesto como una nueva generación de biofábricas, también como candidatos para innovar y renovar las enzimas utilizadas actualmente en la industria. Esto se debe a que los microorganismos extremófilos han debido adaptar su maquinaria metabólica a condiciones especiales de la Tierra, haciendo que sus moléculas sean distintas a las más comúnmente estudiadas y que posean una gran versatilidad en sus aplicaciones. Especialmente, los extremófilos fotosintéticos (cianobacterias y microalgas) son microorganismos ancestrales con alta eficiencia energética para la conversión en biomoléculas de interés biotecnológico. Industrialmente, se requiere que las enzimas mantengan su actividad en condiciones similares a las extremas y, en el área de biomoléculas, se busca el descubrimiento de estructuras y conformaciones químicas distintas y con mejor bioactividad. Debido a esto, los microorganismos fotosintéticos extremófilos

representan un recurso genético poco explorado y con alto potencial biotecnológico. La lenta exploración de los hábitats extremos se debe, en parte, al alto costo de las tecnologías para la comprensión profunda de su biología, resultado de ello, solamente dos especies de microalgas extremófilas son de uso comercial en la actualidad (Dunalliella y Arthrospira). Recientemente, el ITCR adquirió tecnologías de última generación que permiten la secuenciación de genomas completos y estudios fisiológicos de fotosíntesis de sistemas acuáticos, determinaciones que eran imposibles hasta hace poco tiempo. Con la optimización e implementación de estas tecnologías, este proyecto pretende desarrollar un abordaje de punta al servicio para la bioprospección y caracterización de microorganismos extremófilos prometedores con viabilidad para aplicaciones biotecnológicas, utilizando como modelo la cepa Cyanidium sp. de nuestra colección de microalgas, la cual fue aislada de fuentes hidrotermales costarricenses. El trabajo permitirá comprender los mecanismos genómicos y fisiológicos que permiten la sobrevivencia de este microorganismo, así como la caracterización de su potencial biotecnológico, generando a su vez un servicio para la evaluación de comportamiento fotosintético y secuenciación de última generación en el ITCR.

Palabras clave: *Ambiente extremo, genoma completo, eficiencia fotosintética, microalga*

Abstract

Some extremophilic microorganisms are capable of living in the most extreme environments on Earth, from toxic hot springs to high altitude deserts, withstanding conditions of high salinity, pressure, presence of heavy metals, among others. Despite the difficulty of their cultivation in the laboratory, many scientists around the world have investigated it and have proposed them as a new generation of biofactories, also as candidates to innovate and renew the enzymes currently used in the industry. Extremophilic microorganisms have had to adapt their metabolic machinery to special conditions on Earth, making their molecules different from those most commonly studied and possessing great versatility in their applications. Especially, photosynthetic extremophiles (cyanobacteria and microalgae) are ancestral microorganisms with high energetic efficiency for conversion into biomolecules of biotechnological interest. Enzymes on industry are required to maintain their activity in conditions similar to extreme conditions and, in the area of

biomolecules, the discovery of different chemical structures and conformations with better bioactivity is required. Therefore, photosynthetic extremophilic microorganisms represent an underexplored genetic resource with high biotechnological potential. The limited exploration of extreme habitats is due, in part, to the high cost of technologies for a thorough understanding of their biology. As a result, only two species of extremophilic microalgae are currently in commercial use (*Dunaliella* and *Arthrospira*). Recently, the ITCR acquired cutting-edge technologies that allow the sequencing of complete genomes and physiological studies of photosynthesis in aquatic systems, determinations that were impossible before. With the optimization and implementation of these technologies, this project aims to develop an innovative approach to the bioprospecting and characterization of promising extremophilic microorganisms with viability for biotechnological applications, using as a model the *Cyanidium* sp. strain of our microalgae collection, which was isolated from Costa Rican hydrothermal sources. This work will contribute with the understanding of the genomic and physiological mechanisms that allow the survival of this microorganism, as well as the characterization of its biotechnological potential, generating in turn a service for the

evaluation of photosynthetic behavior and next-generation whole-genome sequencing at ITCR.

Key words: *extreme environment, whole-genome sequencing, photosynthetic efficiency, microalgae.*

PROYECTO 75: Desarrollo de una estrategia interinstitucional para la reducción de contaminantes emergentes en cuerpos de agua de la GAM, Costa Rica.

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Biotecnología Ambiental

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Ing. Mauricio Chicas

Correo: mchicas@tec.ac.cr

Resumen

En Costa Rica, el Gran Área Metropolitana (GAM) concentra más del 50% de la población que aumenta cada año, agravando algunos problemas como la contaminación de los cuerpos de agua que nutren la zona central de nuestro país. Hay un gran déficit de servicios ecosistémicos y culturales, dada la poca disponibilidad de áreas verdes, siendo la más grande el Parque de la Paz. Debido a eso, el GAM presenta impactos serios en el medio ambiente y que inciden de forma negativa en la salud, la sostenibilidad y las calificaciones de los índices de desarrollo de nuestro país. La presente investigación propone abordar la problemática de los contaminantes emergentes que se generan en la GAM y se acumulan en cuerpos de agua, mediante el empleo de microalgas cultivadas en el ITCR, para la reducción de patógenos y contaminantes químicos, aunado a la detección y el monitoreo de la reducción de contaminantes emergentes y potenciales microorganismos patógenos, específicamente empleando como modelo el Lago del Parque de la Paz. Las microalgas han demostrado eliminar eficientemente contaminantes patogénicos y contaminantes emergentes, en hasta un 100%, dependiendo de la especie. Esta propuesta da seguimiento a la línea de investigación N°2 del Laboratorio de Microalgas “Tratamiento de residuos y aguas mediante el

empleo de microalgas”, iniciada hace 5 años, y en conjunto con el Área de Conservación Central del Corredor Biológico Interurbano María Aguilar (CBIMA) y la Municipalidad de San José, quienes dirigen acciones para el mejoramiento de acceso a áreas verdes, mejora de la biodiversidad (flora y fauna) y la calidad de vida de los 402,468 habitantes de esta zona (8% del país), teniendo como una de sus prioridades el tratamiento del Lago del Parque La Paz. Para esto se emplearán 3 tres cepas de microalgas y se determinará su potencial de biorremediación y aplicación en biorreactores a escala que modelan condiciones del lago, contemplando el agua y sus sedimentos, como primera fase para el desarrollo de una propuesta tecnológica de mejoramiento de los cuerpos de agua de la GAM. Por tanto, esta propuesta contribuye con los objetivos de desarrollo sostenible definidos por el PNUD: 06-Agua limpia y saneamiento y 11-Ciudades y comunidades sostenibles.

Palabras clave: *biorremediación, microalgas, conservación, saneamiento.*

Abstract

The Greater Metropolitan Area (GAM) of Costa Rica, concentrates more than 50% of the population. The increasing population aggravates some problems such as the contamination of water bodies that nourish the central area of our country. There is a great deficit of ecosystemic and cultural services, given the scarcity of green areas, the largest of which is the Parque de la Paz. Due to this, the GAM presents serious impacts on the environment, negatively affecting the public health, sustainability, and development index scores of our country. The present research proposes to address the problem of emerging pollutants generated in the GAM, through the use of microalgae cultivated at the ITCR, for the reduction of pathogens and chemical contaminants, together with the detection and monitoring of the reduction of emerging pollutants and potential pathogenic microorganisms, specifically using the Parque de la Paz Lake as a model. Microalgae have been shown to efficiently eliminate pathogenic contaminants, chemicals and emerging pollutants by up to 100%, depending on the species. This proposal is the continuation of the Microalgae Laboratory's research line N°2 "Waste and water treatment using microalgae", initiated 5 years ago, and in conjunction with the Central Conservation Area of the María

Aguilar Interurban Biological Corridor (CBIMA) and the Municipality of San José, who direct actions to improve access to green areas, improve biodiversity (flora and fauna) and the quality of life of the 402,468 inhabitants of this area (8% of the country), having as one of its priorities the treatment of the La Paz Park Lake. For this, three strains of microalgae will be used and their bioremediation potential and application in scale bioreactors that model lake conditions will be determined, contemplating the water and its sediments. This will serve as a first phase for the development of a technological proposal for the improvement of the water bodies of the GAM. Therefore, this proposal contributes to the sustainable development goals defined by UNDP: 6-Clean water and Sanitation and 11-Sustainable cities and communities.

Key words: *bioremediation, microalgae, conservation, sanitation.*

PROYECTO 75: Desarrollo de líneas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) producidas por mutagénesis radioinducida para una agricultura más resiliente y productiva

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2025

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Biotecnología Agrícola

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Participante Escuela de Física

Participante Escuela de Ingeniería en Agronomía, Campus Tecnológico San Carlos.

Investigador Coordinador: Ing. Jason Pérez Chaves

Correo: jasperez@tec.ac.cr

Resumen

Caña de azúcar es uno de los 10 principales cultivos del mundo del cual derivan productos de alto interés económico como etanol y sacarosa. En Costa Rica tiene gran importancia económica y social, el cultivo e industrialización de la caña de azúcar genera más de ₡8.600.000.000 anuales y 58.000 empleos. El cultivo es desarrollado por aproximadamente 7.000 productores pequeños y medianos de los cuales un 40% son mujeres. El sector cultiva alrededor de 60.000 hectáreas en zonas rurales distribuidos en 6 zonas cañeras, y enfrenta necesidades de incremento en productividad, también condiciones emergentes, agravadas por el cambio climático como estrés hídrico, salino, acidificación de los suelos, sensibilidad a plagas y enfermedades. Es imperativo la búsqueda de innovaciones dirigidas al sector. Distintas técnicas biotecnológicas permiten generar nueva variabilidad genética a partir de líneas de caña de azúcar que usa el sector para aumentar su tolerancia a efectos del cambio climático, particularmente la acidificación del suelo y aumentos productivos.

Se plantea el desarrollo de líneas con tolerancia putativa acidez y menor índice de floración. La acidez del suelo es de alto

impacto en el manejo agronómico de caña de azúcar, en la absorción de nutrientes y favorece la solubilidad de elementos como aluminio que ocasionan disminución del desarrollo del cultivo o incluso causan la muerte, generando pérdidas significativas. Para obtener este tipo de caracteres en el cultivo existe dependencia de dos procesos que tienen los programas de fitomejoramiento. Primero, la introducción de variedades generadas en otros países y segundo es uso de métodos de cruzamiento para obtener semillas híbridas. Esto genera dependencia hacia entes extranjeros que producen estas variedades en condiciones climáticas y agroecológicas distintas al país. Consecuentemente, aumentan los tiempos de liberación por verificación de la adaptabilidad del comportamiento agronómico y la lentitud en obtención de semillas híbridas.

El TEC dispone de equipo técnico y profesional únicos en el país para aumentar la diversidad genética de cultivos gracias al Laboratorio de irradiación Gamma y el Gamma Cell (CoS 44HH-N Ob-Servo-Ignis con 24 fuentes de ^{60}Co), los laboratorios del CIB y los laboratorios del CIDASTH, para colaborar con ello en el ODS 2.4, en su indicador 2.4.1 mediante una agricultura más productiva y sostenible. Con el desarrollo de este trabajo se

busca la generación de al menos un mutante promisorio tolerante a pH ácido, altas concentraciones de AlCl_3 y con menores índices de floración, mediante combinación de técnicas biotecnológicas, así como intercambios de experiencia entre productores, ITCR y DIECA.

El proyecto es innovador debido al uso de material vegetal otorgado por LAICA para desarrollar las metodologías. En primer lugar, se establecerán protocolos para regeneración in vitro del cultivo, posteriormente se determinarán la DL50 de radiación y AlCl_3 . Después se continuará con la generación y selección de mutantes in vitro que serán aclimatados en invernadero y trasferidos para evaluación genética y en campo por parte de DIECA-LAICA. Al finalizar el proyecto se espera contar con al menos una línea mutante promisorio, que puede utilizarse para desarrollar materiales que puedan ser utilizados por agricultores.

Palabras clave: *Suelos ácidos, mutagénesis radioinducida, caña de azúcar, embriogénesis somática, microsatélites*

Abstract

Sugarcane is a top ten global crop to produce profitable derivatives such as ethanol and sucrose. In Costa Rica, this crop has economic and social importance since the cultivation and industrialization of sugarcane generate more than 8,600 million colones per year, 58,000 direct and indirect jobs. The production requires approximately 7,000 small and medium-sized farmers, 40% of which are women, supported by LAICA. The sector cultivates about 60,000 hectares of rural areas in six sugarcane zones, Guanacaste, North, Puntarenas, Central Valley, Turrialba, and South. The primary needs faced by the sector are low productivity and emerging conditions aggravated by climate change, such as water stress, salt stress, soil acidification, sensitivity to pathogens, and weed control. The search for innovative solutions to support the sector is imperative. Tissue culture, molecular biology, and mutation induction techniques allow the generation of new genetic variability from sugarcane lines currently used by the industry in the pursuit of producing new plants to tolerate the adverse effects of climate change and particularly soil acidification.

The present work proposes the development of lines with putative tolerance to acid pH and lower flowering. Soil acidity is

a negative factor affecting the agronomic management of sugarcane. It negatively affects nutrient absorption and favors the solubility of cytotoxic elements such as aluminum, causing a decrease in the vegetative development of the crop or even its death, generating significant losses in production. Genetic variability in obtaining this type of trait lies in the dependence mainly on two processes in plant breeding programs. The first is the introduction of varieties generated in other countries and the second is by crossbreeding methods to obtain hybrid seeds. Both create dependence on foreign entities that produce these varieties in climatic and agroecological conditions different from the country. In addition, the current system requires verifying the adaptability of the agronomic behavior and is slow in obtaining hybrid seeds. Consequently, the sugarcane breeding program increases the time to provide new lines to market.

TEC has unique technical and professional equipment in Costa Rica, with the possibility of use in the purpose to increase genetic diversity of the sugarcane crop. The university is provided with a Gamma Irradiation Laboratory, Gamma cell equipment (CoS 44HH-N Ob-Servo Ignis with 24 Cobalt 60 sources), CIB laboratories, and CIDASTH laboratories, to collaborate with this in SDG 2.4, particularly in its indicator 2.4.1 through more productive and sustainable agriculture. This work

seeks the generation and establishment of at least one mutant with the ability to tolerate a pH of up to 4.2, high concentrations of AlCl₃ and lower flowering percentage, through the combination biotechnological techniques. The project will also work for the characterization of this tolerant mutant and the exchange of experience between sugarcane producers, DIECA and ITCR.

The project is innovative for the sector due to the use of plant material granted by LAICA to develop the methodologies. The project proposes developing a protocol for sugarcane's in vitro regeneration, identifying the LD50 of gamma radiation and AlCl₃. After optimizing these protocols, we will continue with generating and selecting in vitro mutants that will be acclimatized in the greenhouse and transferred for genetic and field evaluation by DIECA-LAICA. At the end of the project, we expect to have at least one promising mutant line to be used for the breeding program of DIECA-LAICA.

Key words: *Acidic soils, radioinduced mutagenesis, sugarcane, somatic embryogenesis, microsatellites.*

PROYECTO 76: Desarrollo de un método rápido de detección de la enfermedad viral del camote (SPVD) y estudio del comportamiento de insectos vectores asociados, como estrategia de prevención y control fitosanitario en apoyo a la competitividad del sector productivo de Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2025

Área: CIENCIAS AGRONÓMICAS

Sub área: Biotecnología Agrícola

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: Dr. Luis Fdo. Alvarado Marchena

Correo: lalvarado@tec.ac.cr

Resumen

El camote (*Ipomoea batatas* L.) es uno de los 10 cultivos alimenticios más importantes en el mundo. Presenta especial relevancia en países tropicales y subtropicales debido a la alta productividad por unidad de área de cultivo, buen desempeño en suelos infértiles y relativa insensibilidad a la sequía. Estas características hacen que este cultivo sea ideal para proporcionar un suministro seguro de alimentos. No obstante, su productividad es afectada por enfermedades virales. La coinfección de múltiples virus genera síntomas de enfermedad magnificados y reducción del rendimiento en comparación con infecciones individuales. La enfermedad viral del camote (SPVD, Crinivirus), coinfección del virus del moteado plumoso del camote (SPFMV, Potyvirus) y el virus del enanismo clorótico del camote (SPCSV), es catalogada como su patología viral más importante; capaz de afectar el rendimiento productivo entre un 70% y 100%. Adicionalmente, SPFMV y SPCSV presentan una alta tasa de diseminación mediante esquejes e insectos vectores. Razón por la cual, es crítico realizar la detección y el control de la SPVD para mantener la sanidad y productividad del cultivo. La replicación de protocolos de detección viral es un factor variable, ya que estos pueden fallar cuando se aplican con los mismos parámetros utilizados en

otras áreas geográficas o después de la aparición de variantes virales divergentes. Análisis filogenéticos de 122 aislados del SPFMV han identificado 4 cepas virales; mientras que del SPCSV se conocen actualmente dos cepas. Estas variaciones en el genoma viral pueden estar estrechamente relacionadas con el grado de virulencia y dificultan una detección genérica certera del agente causal. Por lo tanto, el mapeo y caracterización de las cepas locales de virus es trascendental para el desarrollo de estrategias de inmunización y profilaxis. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos, en Costa Rica se siembra alrededor de 527.6 hectáreas de camote. La principal fuente de ingresos que se obtiene de este cultivo es producto de su exportación y comercialización en el extranjero. Razón por la cual, es de vital importancia contar con material vegetal de alto rendimiento, que cumpla con los 2 niveles de calidad que exigen los mercados internacionales, y a la vez apoyar a los pequeños y medianos productores con el mejoramiento de sus cultivos, así como en el manejo en campo de los factores que afectan la productividad. Sin embargo, hasta la fecha no se han caracterizado genéticamente las poblaciones locales de virus que integran la SPVD en nuestro país, aspecto crítico para el desarrollo de protocolos adecuados de detección, prevención y control de la enfermedad. Además, se desconoce

la biología de las poblaciones de insectos vectores asociados a la SPVD, factor crucial para establecer tácticas de manejo y control de la dispersión de la virosis.

Por esta razón, la presente propuesta de investigación pretende establecer una caracterización local y un protocolo de detección fiable, rápido y de bajo costo de los virus causantes de la SPVD, así como el estudio de la dinámica de los principales insectos vectores asociados a la enfermedad, con el fin de contribuir al sector productivo de tubérculos de camote de Costa Rica con medidas para una estrategia integral de prevención y control fitosanitario, mejorando la competitividad del sector.

Palabras clave: *sanidad vegetal, tubérculos, virología, Crinivirus, Potyvirus, hibridación molecular.*

Abstract

Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is one of the ten most important food crops globally. It is especially relevant in tropical and subtropical countries due to its high productivity per unit of cultivation area, good performance on infertile soils, and relative insensitivity to drought. These characteristics make this crop ideal for providing a secure food supply. However, their productivity is affected by viral diseases. Co-infection of multiple

viruses results in magnified disease symptoms and reduced performance compared to individual infections. Sweet potato viral disease (SPVD, Crinivirus), co-infection of sweet potato feathery mottle virus (SPFMV, Potyvirus), and sweet potato chlorotic dwarf virus (SPCSV) is listed as its most crucial viral pathology; capable of affecting productive performance between 70% and 100%. Furthermore, SPFMV and SPCSV spread quickly by insects and vectors. For this reason, detecting and controlling SPVD is critical to maintaining crop health and productivity. The replication of other viral detection protocols is a variable factor since these can fail when applied with the same parameters used in distant geographical areas or after the appearance of divergent viral variants. Phylogenetic analyses of 122 SPFMV isolates identified four viral strains; currently, two strains of SPCSV are known. These variations in the viral genome may be closely related to the degree of virulence and make accurate generic detection of the causative agent difficult. Therefore, the mapping and characterization of local viral strains are essential for developing immunization and prophylaxis strategies. According to the National Institute of Statistics and Censuses, around 527.6 hectares of sweet potato are planted in Costa Rica. The primary source of income obtained from this crop is the product of its export and marketing abroad.

For this reason, it is critical to have high-yielding plant material that meets the quality levels demanded by international markets and at the same time supports small and medium-sized producers in improving their crops, as well as in the management of raising the field productivity. However, to date, the local virus populations representing SPVD in our country have not been genetically characterized, a critical aspect for developing adequate protocols for the detection, prevention, and control of the disease. In addition, the biology of the vector insect populations associated with SPVD is unknown, a crucial factor for establishing management tactics and control of the spread of the virus. Therefore, this research proposal aims to establish a local characterization and a reliable, rapid, and low-cost detection protocol for the viruses that cause SPVD and the study of the dynamics of the main insect vectors associated with the disease. The above is to contribute to the productive sector of sweet potato tubers in Costa Rica with measures for a comprehensive strategy of prevention and phytosanitary control, improving the sector's competitiveness.

Key words: *plant health, tubers, virology, Crinivirus, Potyvirus, molecular hybridization.*

PROYECTO 77: Plataforma hardware-software multiservicios en la nube de reconocimiento de personas y sus emociones para Pymes y Startups

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2025

Área: CIENCIAS NATURALES

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Unidad Desconcentrada de Computación, San Carlos

Participante Escuela de Computación, Cartago

Investigador Coordinador: Dr. Abel Méndez Porras

Correo: amendez@tec.ac.cr

Resumen

La Industria 4.0 hace referencia a profundos cambios impulsados por los avances en tecnologías tales como robótica, inteligencia artificial, nanotecnología, biotecnología, entre otras, que experimentarán las industrias y la sociedad en esta década. El reconocimiento facial se ha popularizado con el surgimiento de la Industria 4.0. El reconocimiento facial se realiza utilizando tecnología biométrica y se pueden utilizar para identificar a las personas analizando sus rostros. El proceso normalmente consiste en comparar una imagen o un fotograma de un video con los rostros contenidos en una base de datos, emparejándolos en función de los rasgos faciales y las texturas de la piel.

El reconocimiento facial ha permitido avances con cada vez más aplicaciones en los campos de la seguridad, las finanzas, la educación y la seguridad social. Esta tecnología abre la oportunidad a Pymes y Startups para el desarrollo de nuevos productos y servicios con un alto componente tecnológico. El principal problema de las Pymes y Startups para la implementar este tipo de tecnología, es que se requiere un alto conocimiento científico y técnico, se requiere infraestructura en la nube con alto poder computacional y capacidad de escalabilidad para el almacenamiento, procesamiento y visualización de datos.

Además, los algoritmos para crear los modelos de reconocimiento facial con complejos requieren de entrenamiento y ajuste grandes volúmenes de imágenes de rostros.

En esta propuesta se plantea contribuir en la solución a dicha problemática mediante el desarrollo de una Plataforma hardware-software multiservicios en la nube de reconocimiento de personas y sus emociones para Pymes y Startups. Esta plataforma permitirá tener integrados diferentes algoritmos de reconocimiento de facial y emociones en un mismo lugar, funcionando en tiempo real, con alta precisión y de acceso gratuito para Pymes y Startups. Con estos algoritmos se crearán y ajustaron diferentes modelos para reconocimiento facial. Las Pymes y Startups podrían acceder mediante servicios Web a estos algoritmos para incluirlos en sus productos y/o servicios. La población meta para esta la plataforma propuesta son las Pymes y Startups que desean implementar productos y/o servicios basados en reconocimiento facial.

Estas organizaciones van a tener la posibilidad de acceder a modelos de reconocimiento facial en la nube de forma gratuita. Estos modelos van a estar entrenados, ajustados y evaluados para que los usuarios pueden seleccionar los que mejor se adapten a sus necesidades.

Palabras clave: *reconocimiento facial, inteligencia artificial, aprendizaje profundo, Pymes, Startups.*

Abstract

Industry 4.0 refers to deep changes driven by advances in technologies such as robotics, artificial intelligence, nanotechnology, biotechnology, among others, that industries and society will experience during the next years. Facial recognition has become popular with the rise of Industry 4.0. Facial recognition is done using biometric technology and can be used to identify people by analyzing their faces. The process typically involves comparing an image or frame captured of a video to faces in a database, matching them based on facial features and skin textures.

Facial recognition has enabled advances with more and more applications in the fields of security, finance, education, and social security. This technology opens the opportunity for SMEs and Startups to develop new products and services with a high technological component. The main problem for SMEs and Startups to implement this type of technology is that high scientific and technical knowledge is required, cloud

infrastructure with high computational power and scalability for data storage, processing and visualization is required. In addition, the algorithms to create complex facial recognition models require training and tuning of large volumes of face images.

This proposal proposes to contribute to the solution to this problem through the development of a Multiservice hardware-software platform in the cloud for recognizing people and their emotions for SMEs and Startups. This platform will offer different facial and emotion recognition algorithms to be integrated in the same place, working in real time, with high precision and with free access for SMEs and Startups. With these algorithms, different models for facial recognition will be created and tuned. SMEs and Startups could access these algorithms through Web services to include them in their products and/or services. The target population for this proposed platform are SMEs and Startups that need to implement products and/or services based on facial recognition. These organizations will be able to access facial recognition models in the cloud for free. These models will be trained, tuned and evaluated so that users can select the ones that best suit their needs.

Key words: *facial recognition, artificial intelligence, deep learning, SMEs, Startups.*

PROYECTO 78: Percepciones de la educación combinada en tiempos de pandemia: estudio de caso de seis docentes de inglés de primaria de la Dirección Regional de Educación Norte-Norte

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: CIENCIAS SOCIALES

Sub área: Ciencias de la Educación, Otras ciencias sociales

Área: HUMANIDADES

Sub área: Lengua y Literatura

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales, CTLSC

Participante Unidad Desconcentrada de la Escuela de
Ingeniería en Computación, CTLSC

Investigador Coordinador: Dra. Patricia López Estrada

Correo: plopez@tec.ac.cr

Resumen

La emergencia sanitaria del COVID-19 detuvo el curso lectivo en el mundo. Costa Rica no fue la excepción. En marzo de 2020, el Ministerio de Educación Pública suspendió las clases presenciales y propuso la modalidad educativa a distancia para continuar el proceso de enseñanza. Posteriormente, el 15 de diciembre de 2020, el MEP anunció el retorno a clases presenciales para el 2021 bajo la modalidad de educación combinada. Este estudio de caso basado en la investigación cualitativa inductiva recolectará y triangulará los datos a través de entrevistas semiestructuras, recolección de documentación y fotoelicitación. Se utilizará el análisis de contenido (Hatch, 2002) para categorizar las perspectivas de los docentes de primaria a través del uso del software WebQDA (Costa et al., 2019) para análisis de datos cualitativos. El propósito del estudio es describir las percepciones de seis docentes de inglés de primaria de la Dirección Regional de Educación Norte-Norte con respecto a la educación combinada para una mejor comprensión de la mediación pedagógica y del contexto profesional de los docentes durante la crisis sanitaria del COVID-19.

Palabras clave: COVID-19, educación combinada, enseñanza del inglés, docentes de primaria, investigación cualitativa.

Abstract

The health emergency caused by COVID-19 paused the school year worldwide. Costa Rica was not the exception. In March of 2020, the Ministry of Public Education decided to continue the teaching-learning process under distance education to avoid the students' disengagement from education. Later, on December 15, 2020, MEP announced the return to face-to-face classes under the modality of combined instruction which included both on site and distance interactions.

These processes take us to the need of knowing teacher's perceptions regarding the new teaching process. This case study, based on inductive qualitative research, will collect and triangulate data through semi-structured interviews, document gathering and photo-elicitation, and content analysis (Hatch, 2002) to categorize the primary school teachers' perceptions using WebQDA (Costa et al., 2019), a software designed to analyze qualitative data. This study aims to describe the perception of six primary English teachers from Dirección Regional de Educación Norte-Norte regarding combined

education for a better comprehension of the pedagogical mediation practices and professional context of the teachers during the sanitary crisis of COVID-19.

Key words: COVID-19, combined education, English teaching, primary teachers, qualitative research.

PROYECTO 79: Motivaciones y segmentación en destinos costeros y marinos durante la pandemia COVID-19: Un estudio de Jacó en Costa Rica

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 30 de junio del 2023

Área: CIENCIAS SOCIALES

Sub área: Economía y Negocios

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas, San Carlos

Investigador Coordinador: Allan Pérez Orozco

Correo: aperez@tec.ac.cr

Resumen

En los últimos años existe un creciente interés de los turistas por el medio ambiente y el disfrute del entorno natural, la playa y las bellezas de las costas. Costa Rica no es la excepción, más aún en tiempos de pandemia, en donde se vuelve indispensable conocer la percepción que tienen turistas nacionales y extranjeros en la motivación para disfrutar de la Costa Pacífico Central. Este estudio está diseñado para analizar las motivaciones en el turismo nacional y extranjero que visita Jacó. Este estudio cuantitativo utilizará una muestra de aproximadamente 300 turistas in situ. Para el análisis de los datos se propone un análisis factorial y segmentación de K-medias no jerárquica. Los resultados pretenden mostrar las motivaciones de la demanda en el turismo nacional y extranjero de Jacó como uno de los destinos costeros y marinos de los más importantes en Costa Rica y su relación entre los segmentos de demanda con la satisfacción y la lealtad durante la pandemia. La investigación procura servir a las instituciones públicas y empresas privadas para que puedan desarrollar una planificación de marketing más eficiente en la atracción de turistas.

Palabras clave: *Jacó, Motivación, Segmentación, Costero, Marino, Turismo.*

Key words: *Jacó, Motivation, Segmentation, Coastal, Marine, Tourism*

Abstract

In recent years there has been a growing interest of tourists for the environment and the enjoyment of the natural environment, the beach, and the beauties of the coasts. Costa Rica is not the exception, especially in times of pandemic, where it becomes essential to know the perception that national and foreign tourists have in the motivation to enjoy the Central Pacific Coast. This study is designed to analyze the motivations of national and foreign tourism that visit Jacó. This quantitative study will use a sample of approximately 300 on-site tourists. For data analysis, factor analysis and non-hierarchical K-means segmentation are proposed. The results are intended to show the motivations behind the demand in domestic and foreign tourism in Jacó as one of the most important coastal and marine destinations in Costa Rica and its relationship between the demand segments with satisfaction and loyalty during the pandemic. The research seeks to serve public institutions and private companies so that they can develop a more efficient marketing plan in attracting tourists.

PROYECTO 80: Diseño de dispositivos mecatrónicos para la rehabilitación física posterior a un evento cerebrovascular o COVID-19 (REHAB-GYM)

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio del 2021 al 30 de junio del 2024

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Otras Ingenierías y Tecnologías

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Mecatronica

Investigador Coordinador: Ing. Arys Carrasquilla

Contacto: acarrasquilla@tec.ac.cr

Resumen

El Gimnasio de Dispositivos Mecatrónicos para la Rehabilitación Física (REHAB-GYM) tiene como objetivo principal la investigación multidisciplinar para el establecimiento de requerimientos, diseño y desarrollo de tecnologías asequibles para facilitar el acceso a rehabilitación para las personas que han tenido algún evento cerebrovascular o COVID-19. Con esta tecnología se podrá disminuir costos y aumentar el número de pacientes que pueden ser atendidos a la vez por un mismo profesional. Igualmente, los pacientes podrán tener un proceso de rehabilitación más intensivo y potenciar su recuperación y rehabilitación, y así disminuir la severidad de las secuelas y dependencia tras un evento cerebrovascular, y finalmente tener un mejor desempeño al reinsertarse en sus labores y su comunidad. El sistema de rehabilitación propuesto es una solución compacta, asequible, basada en juegos para brazos, piernas y equilibrio que promuevan un abordaje basado en la comunidad al crear un ambiente terapéutico entretenido y de terapia social donde los pacientes pueden interactuar entre sí, incrementando además la motivación para ejercitarse. Las variables de investigación involucran, entre otras: la morfología de los miembros superiores e inferiores, establecimiento de fuerzas ajustables

acordes a los miembros en rehabilitación y a la prescripción del ejercicio, criterios de selección de materiales lavables para evitar contaminación cruzada, actividades aeróbicas y medición de capacidad aeróbica, seguridad para el paciente y el personal clínico que lo utiliza, mantenimiento preventivo que maximice el tiempo de uso del REHAB GYM.

Palabras clave: *Evento cerebrovascular, Internet de las Cosas, rehabilitación física, sistema mecatrónico*

Abstract

The Mechatronic Devices for Physical Rehabilitation Gym (RTEHAB GYM) seeks to use affordable technologies to increase access to rehabilitation for people who have had a stroke or COVID-19. With this technology will be possible to reduce costs and increase the number of patients that can be treated at the same time by the same professional. Likewise, patients will be able to have a more intensive rehabilitation process and enhance their recovery and rehabilitation, and thus reduce the severity of the sequelae and dependence after a cerebrovascular Accident (CVA, is the medical term for a stroke) or COVID-19, and finally have a better performance when

reintegrating into their work and their community. The proposed rehabilitation system is a compact, affordable, game-based solution for arms, legs, and balance that promotes a community-based approach by creating an entertaining therapeutic and social therapy environment where patients can interact with each other, increasing the motivation to exercise. The research variables include, among others: the morphology of the upper and lower limbs, establishment of adjustable forces according to the limbs in rehabilitation and the exercise prescription, criteria for the selection of washable materials to avoid cross contamination, aerobic activities and measurement of aerobic capacity, safety for the patient and the medical personnel who use it, preventive maintenance that maximizes the use time of the REHAB GYM.

Keywords: *Cerebrovascular accident (CVA), Internet of Things (IoT), Physical Rehab, mechatronic system.*

PROYECTO 81: Interacciones Multimodales en ambientes virtuales para el aprendizaje (iReal 7.0)

Periodo de ejecución:

Del 02 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Escuelas participantes:

Proponente : Ingeniería en Diseño Industrial

Participante: Ingeniería en Computación, San Carlos

Participante: Matemática

Investigador Coordinador: Ing. Yoselyn Walsh

Contacto: ywalsh@tec.ac.cr

Resumen

El proyecto busca investigar las implicaciones de la retroalimentación multimodal en ambientes virtuales tales como simulaciones visuohápticas (VHS), realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) en el aprendizaje de temas científicos. La retroalimentación multimodal se presenta cuando los estudiantes reciben información de una herramienta por medio de mas de un sentido. Específicamente para este proyecto, se investigarán las implicaciones de la retroalimentación táctil y visual en ambientes virtuales de aprendizaje.

Purdue University desarrolló un ambiente virtual usando simulaciones visuohápticas. Datos de percepción y aprendizaje conceptual, representacional y de procedimiento fueron recolectados durante el 2019 por las investigadoras Dr. Yoselyn Walsh y Dr. Alejandra Magana. Los datos no han sido publicados ni analizados. Durante el 2021 se procederá al análisis de datos y publicación de los resultados. Los datos consisten en 12 entrevistas con estudiantes de pregrado (para un total de 23 horas de entrevista), además de hojas de trabajo de una sesión de laboratorio de un curso introductorio de física (n = 48). Todos los participantes son estudiantes de pregrado de la Universidad de Purdue.

El diseño de los ambientes virtuales en VR y AR estará a cargo de la Escuela de Diseño Industrial y de los profesores de HPCG Lab y Rocketed Lab de la Universidad de Purdue. Para el diseño de los ambientes virtuales se seguirán las metodologías de diseño centrado en el usuario, UCD (Lowdermilk 2013) y la metodología de diseño centrada en el estudiante, LCD (Soloway et al. 1996). Pruebas de usabilidad, experiencia de usuario, y de programación se harán previo a la evaluación del aprendizaje conceptual, representacional y de procedimiento.

El desarrollo de los ambientes en VR y AR estará a cargo de investigadores del grupo de investigación de iReal, perteneciente al programa de investigación eScience con más de 15 años de experiencia, por la Escuela de Matemática y la Escuela de Computación. Es decir, el proyecto promueve la colaboración entre universidades y entre escuelas del TEC, incrementando el impacto de la presente investigación a nivel mundial.

Los ambientes virtuales ayudarán a tener un mejor entendimiento sobre las respuestas a: (a) ¿Cuál es el valor de la retroalimentación táctil y visual en ambientes virtuales para el aprendizaje de temas científicos?, (b) ¿Cuáles son las ventajas de las interacciones multimodales en ambientes virtuales para el aprendizaje de temas científicos?, (c) ¿Cuáles son las

desventajas de las interacciones multimodales en ambientes virtuales para el aprendizaje de temas científicos?.

Palabras clave: *Haptic, multimodal, sentido del tacto, VR, AR, realidad aumentada, realidad virtual, ventajas VR, desventajas VR, ventajas AR, desventajas AR*

Abstract

The project aims to investigate the implications of multimodal feedback in virtual environments such as visuohaptic simulations (VHS), virtual reality (VR), and augmented reality (AR) in the learning of scientific topics. Multimodal feedback occurs when students receive information from a tool through more than one sense. Specifically, this project investigates the implications of visual and tactile feedback in virtual learning environments.

Purdue University developed a virtual environment using visuohaptic simulations. Conceptual, representational, and procedural perception and learning data were collected during 2019 by researchers Dr. Yoselyn Walsh and Dr. Alejandra Magana. The data have not been published or analyzed. In 2021, the data will be analyzed, and the results will be published. The data consist of 12 interviews with undergraduate

students (for a total of 23 interview hours), plus worksheets from a laboratory session of an introductory physics course (n = 48). All participants are undergraduate students from Purdue University.

The design of the virtual environments in VR and AR will be in charge of the School of Industrial Design and HPCG Lab and Rocketed Lab of Purdue University professors. The virtual environment design will follow a user-centered design methodology, UCD (Lowdermilk 2013), and the student-centered design methodology, LCD (Soloway et al. 1996), which includes usability and user-experience tests.

The development of the VR and AR environments will be in charge of researchers from the iReal research group, belonging to the eScience research program with more than 15 years of experience, by Escuela de Matemática and Escuela de Computación. In other words, the project promotes collaboration between universities and between TEC schools, increasing the impact of this research worldwide.

The development of virtual environments will help to have a better understanding of the answers to: (a) What is the value of tactile and visual feedback in virtual environments for learning scientific topics? (b) What are the advantages of multimodal

interactions in virtual environments for learning science topics?

(c) What are the disadvantages of multimodal interactions in virtual environments for learning science topics?.

Keywords: *Haptic, multimodal, sense of touch, VR, AR, augmented reality, virtual reality, VR advantages, VR disadvantages, AR advantages, AR disadvantages.*

PROYECTO 82: Desarrollo y evaluación de un dispositivo de intercambio térmico con esponja metálica como elemento de transferencia del calor

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Ingeniería de los Materiales, Ingeniería Mecánica

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería en Producción Industrial

Investigador Coordinador: Dra. Marcela Meneses Guzmán

Contacto: mameneses@tec.ac.cr

Resumen

El consumo de energía en el mundo crece de continuo. La investigación en esta área trata de buscar oportunidades para reducir la demanda de energía, por ejemplo, de equipos residenciales para aplicaciones de Calentamiento, Ventilación y Aire Acondicionado, HVAC. El componente principal de un equipo HVAC es el intercambiador de calor, quienes además juega un rol fundamental en una variedad de aplicaciones industriales, produciendo un impacto significativo en la eficiencia energética, costo y dimensiones del sistema de intercambio térmico. Por lo tanto, la posibilidad de contar con un intercambiador de calor más eficiente y compacto es una alternativa interesante. En este proyecto se plantea desarrollar un sistema de intercambio térmico compacto y eficiente que introduzca esponjas metálicas como elementos innovadores de intercambiador del calor. La solución que se desea investigar mediante el proyecto es la de aumentar la superficie de transferencia térmica con materiales celulares espumas metálicas de celda abiertas o esponjas metálicas (open cell metal foam o metal sponge, en inglés). El propósito es brindar una alternativa a los sistemas de intercambio térmico que usan las aletas a forma de láminas, de más compleja manufactura, y que requieren inversiones importantes en su mantenimiento. Se

valora, además, la posibilidad de incorporar en las esponjas mecanismos de transferencia de calor usando efectos magnetocalóricos, que representan soluciones muy novedosas, pero aún poco investigadas. En este último caso, debido a la complejidad del tema y al proceso previo de estudio, el desarrollo de la investigación se realiza con el apoyo de un trabajo de Doctorado en Ingeniería, con una dedicación específica al tema del intercambio térmico con efectos magnetocalóricos. En el proyecto se usan dos métodos efectivos para evaluar los dispositivos de intercambio térmico, el trabajo experimental y modernas técnicas computacionales, apoyadas con enfoques que involucran competencias analíticas avanzadas (Big Data), simulación avanzada y modelado virtual de componentes, automatización, entre otros, temas integrados bajo el concepto de INDUSTRIA 4.0. Para los experimentos, se diseña y se construye el sistema del flujo al intercambiador, con accesorios e instrumentos para la adquisición de datos. Además, se diseña y se fabrica el componente principal del intercambiador, seleccionando esponjas metálicas y otros materiales. Se planifican los experimentos y se evalúa el desempeño térmico del sistema. Con los primeros resultados, se prevé hacer ajustes al intercambiador para su configuración final y con la ayuda además del concepto de Digital Twins se

considera estudiar en un entorno virtual el comportamiento físico real del componente. Para el trabajo de modelación y simulación se investigan los modelos computacionales de energía y flujo. Se usa software computacional (CAE) de última generación como Comsol Multiphysics, Ansys, y Matlab para el modelo del dispositivo de intercambio térmico y se simula el intercambiador del banco experimental con el propósito de validar los resultados computacionales. Mejorado el modelo, este se usa para simular otros casos de interés, evaluando el intercambiador en distintas condiciones que permitan establecer su eficiencia en términos más generales.

Palabras clave: *esponjas metálicas, intercambiador de calor compacto, ensayos no destructivos, métodos computacionales y experimentales.*

Abstract

The consumption of energy in the world grows continuously. The investigation in this area looks for opportunities to reduce the demand of energy, for example, of residential equipment for applications of Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC.

The main component of an HVAC equipment is the heat exchanger, which also plays a fundamental role in a variety of industrial applications and has a significant impact on energy efficiency, cost and dimensions of the thermal system. Therefore, the possibility of having a more efficient and compact heat exchanger is an interesting alternative. This project aims to develop a compact and efficient thermal exchange system that introduces metal sponges as innovative elements of the heat transfer. The solution investigated by the project is to increase the thermal transfer surface by using cellular materials (open cell metal foams or metal sponges). The purpose is to offer an alternative to the systems of thermal exchange using fins to form sheets, which needs more complex manufacture and important investments in their maintenance. It is also valued the possibility of incorporating heat transfer mechanisms in the sponges using magnetocaloric effects, which represent very novel solutions, but still little investigated. In the latter case, the development of the research is accomplished through a work of a Doctorate in Engineering, due to the complexity of the subject and study, needing a specific dedication. The project uses two effective methods to evaluate thermal exchange devices, experimental work and modern computational techniques, supported by adequate methods for the design of experiments and data

analysis. We use traditional statistical techniques with Minitab and BigData methodologies with R program. For the experiments, the flow system to the exchanger is designed and constructed using accessories and instruments for data acquisition. In addition, the main component of the exchanger is designed and constructed selecting metal sponges and other materials. The experiments are planned and the thermal performance of the system is then evaluated. By analysing the first results, adjustments are made to the exchanger for its final configuration. For the modeling and simulation work, energy and flow computational models are investigated. New-generation computer software (CAE) is used, such as Comsol Multiphysics, Ansys, and Matlab for modelling and simulating the experimental thermal exchange device and to validate the computational results. Improved the model, this is used to simulate other cases of interest, evaluating the exchanger under different conditions to establish its efficiency in more general terms.

Keywords: *metal sponge, compact heat exchanger, no destructive testing, computational and experimental methods*

PROYECTO 83: Identificación de fallas en instalaciones solares fotovoltaicas

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 30 de junio del 2023

Área: Ciencias Naturales y Ingeniería y Tecnología

Sub área: Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Ingeniería de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería en Electrónica

Participante Ingeniería en Computación

Participante Física

Participante Ingeniería Electromecánica

Investigador Coordinador: Dr. Carlos Meza Benavidez

Contacto: cmeza@tec.ac.cr

Resumen

La sociedad e industria de hoy en día se encuentra en la búsqueda continua de reducción de costos de vida y de producción, con las exigencias de utilizar prácticas amigables con el ambiente para contribuir al compromiso actual del TEC, el país y el mundo en el marco del Desarrollo Sostenible. Afortunadamente, la tecnología de generación fotovoltaica (FV) logra aportar en estos aspectos, implicando que cada día existan más instalaciones de generación con mayor número de paneles solares; aspecto en el cual el TEC se ha unido de forma destacada. El aprovechamiento de todo sistema de generación eléctrico depende de su rendimiento, el cual es máximo bajo condiciones de funcionamiento óptimo; esto ha implicado un incremento día a día de las prácticas de mantenimiento que atienden las problemáticas que surgen de forma indeseada. Debido a esto se ha desarrollado amplia investigación para la detección de condiciones subóptimas en sistemas FV, llevando a la existencia de una gama de técnicas de detección de fallas en paneles solares. Cada método cuenta con sus capacidades y limitaciones, implicando que las instalaciones FV deban saber cómo seleccionar y usar una o varias técnicas en sus planes de mantenimiento. El proyecto pretende específicamente explorar tres de los métodos de identificación de fallas más utilizados:

inspección visual, termografía infrarroja y análisis de variables eléctricas, para compararlas entre sí y aportar conocimiento científico para la selección de cada una. Adicionalmente, sabiendo que son distintas, se implementará un nuevo método que las combine para lograr el máximo aprovechamiento de las tres. Para esto la investigación pretende desarrollar un experimento que aproveche tecnología e infraestructura que tiene el TEC, como lo son: una gran instalación FV en funcionamiento con características para investigación, vehículos no tripulados (drones), sistemas de instrumentación meteorológica, entre otros.

Palabras clave: *Sistemas fotovoltaicos, identificación de fallas, termografía, inspección visual, análisis de variables eléctricas*

Abstract

The society and industry of today is in the continuous search of reduction of life and production costs, with the demands of using environmentally friendly practices to contribute to the current commitment of the TEC, the country and the world in the framework of Sustainable Development. Fortunately,

photovoltaic (PV) generation technology manages to contribute in these aspects, implying that there are more and more generation facilities with a greater number of solar panels; aspect in which the TEC has joined prominently. The use of the entire power generation system depends on its performance, which is maximum under optimal operating conditions; This has implied a one-day increase in maintenance practices that address the problems that arise undesirably. Due to this, extensive research has been developed for the detection of suboptimal conditions in PV systems, problems with the existence of a range of solar panel fault detection techniques. Each method has its capabilities and limitations, implying that PV installations must know how to select and use one or more techniques in their maintenance plans. The project specifically aims to explore three of the most commonly used fault identification methods: visual inspection, infrared thermography and analysis of electrical variables, to compare them with each other and provide scientific knowledge for the selection of each one. In addition, knowing that they are different, a new method will be implemented that combines to achieve maximum use of the three. For this, the research aims to develop an experiment that takes advantage of the technology and infrastructure that TEC has, such as: a large PV installation in operation with

characteristics for research, unmanned vehicles (drones), meteorological instrumentation systems, among others

Keywords: *Photovoltaic systems, fault identification, thermography, visual inspection, analysis of electrical variables*

PROYECTO 84: Desarrollo de un sistema sostenible de cosecha de agua atmosférica para uso comunitario y en sistemas productivos en Costa Rica

Periodo de ejecución: Del 5 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ambiente y Agua

Sub área: Economía Circular y Biodiversidad

Escuelas participantes:

Proponente DOCINADE_- Ingeniería en Electrónica

Participante Ingeniería Agrícola

DOCINADE

Química

Investigador Coordinador: Dr. Renato Rímolo

Contacto: rrimolo@tec.ac.cr

Resumen

El agua es un recurso vital para las actividades humanas, pero su disponibilidad se ve amenazada debido a las condiciones de cambio climático; hoy día se producen extremos en su frecuencia, distribución e intensidad, causando inundaciones frecuentes en la época lluviosa y largas sequías en la época seca, lo que limita su uso y pone en riesgo la salud pública. En el año 2018, se reportó una disminución en la intensidad de las lluvias de hasta un 75% en algunas zonas del país y se dieron racionamientos en diversos lugares, inclusive en meses que tradicionalmente se asocian a la época lluviosa. La zona de Guanacaste en Costa Rica es una de las más vulnerables, en donde la pluviometría y la intensidad de la radiación solar hacen que este recurso no sea muy abundante y se produzcan problemas serios de escasez y distribución.

Con esta propuesta se busca evaluar opciones alternativas para la producción de agua a través de la recuperación atmosférica y su incorporación en actividades humanas y productivas. Se propone implementar una solución que sea técnica y económicamente viable, y sostenible para comunidades y actividades productivas en la región del Pacífico Norte. En una primera fase se evaluarán sistemas de cosecha

de agua atmosférica existentes en términos de su disponibilidad, eficiencia energética y costos de operación/mantenimiento con respecto a formas alternativas de extracción y almacenamiento. En contraste a métodos tradicionales de extracción de agua de ríos o pozos, o cosecha de agua de lluvia, la cosecha atmosférica tiene la ventaja de estar siempre disponible, a pesar de que se debe trabajar sobre algunos aspectos técnicos como lo es el volumen de producción y la eficiencia energética. En una segunda fase se procederá a desarrollar e implementar una alternativa que haya demostrado ser viable luego de la evaluación inicial, bajo un proyecto de microgeneración de agua, y se le dará seguimiento a su desempeño. El desarrollo será probado e instalado en la fase final para suplir las necesidades de consumo humano en una comunidad y de riego para actividades productivas en una zona vulnerable.

Como productos de este proyecto, además de los académicos, se espera generar conocimiento sobre el funcionamiento y la operación de sistemas de cosecha atmosférica en el entorno local, así como la tecnología y su integración en actividades humanas y/o productivas, como una herramienta para enfrentar la escasez recurrente del recurso. Se espera de este modo contar con una solución alternativa y de respaldo para la

generación de recurso hídrico, que permita beneficiar a las comunidades y empresas pequeñas que enfrentan problemas crecientes debido a la baja disponibilidad estacional de este recurso. Como parte de la fase de divulgación se espera transferir el conocimiento a instituciones, comunidades y empresas que puedan beneficiarse de la experiencia generada y el proyecto piloto de aplicación propuesto.

Palabras claves: cosecha de agua, cosechador atmosférico, internet de las cosas, investigación aplicada, recurso hídrico

Abstract

Water resources are fundamental to support human activities, but its availability is threatened due to climate change; nowadays, the resource availability is irregular in frequency, distribution, and intensity, causing frequent floods in the rainy season and long droughts periods in the dry season, which limits their use and represents a public health concern. In the year 2018, a decrease in the intensity of rains of up to 75% was reported in some areas of the country and frequent suspensions of the service occurred steadily in many communities, even

during months that are traditionally associated with the rainy season. The northern region of Costa Rica, Guanacaste and some regions in Puntarenas specifically, are particularly vulnerable, where rainfall rates are low and solar radiation is intense; consequently, the water resource is not very abundant and serious problems of scarcity and distribution occur.

This proposal seeks to evaluate alternative options to produce water through atmospheric harvesting and its incorporation into human and productive activities. It is proposed to implement a technical and economical feasible solution, that can be also sustainable for communities and productive activities in the North Pacific region. In a first stage, existing atmospheric water harvesting systems will be evaluated in terms of their availability, energy efficiency and operation/maintenance costs with respect to alternative forms of extraction and storage. In contrast to traditional methods of extracting water from rivers or wells, or rainwater harvesting, atmospheric harvesting has the advantage of permanent availability, even though some technical aspects must be worked on, such as the production volume and energy efficiency. In a second stage, an implementation of a solution that has proven to be viable after the initial evaluation stage will be developed, as a microgeneration project in a vulnerable region. The facility will be

monitored and evaluated in the final stage of the project, to determine their performance meeting the requirements for human consumption or certain productive activities.

As outputs of this project, in addition to scientific documentation, it is expected to generate knowledge about the functioning and operation of atmospheric harvesting systems in a local environment. The aim is to develop insights on system development and integration in human and/or productive activities, as a tool to deal with recurring scarcity of the resource in certain country regions. The solution should provide a feasible alternative for the generation of water resources that can positively impact communities and small businesses facing big challenges due to the low seasonal availability of the resource. As part of the final stage, the knowledge gathered is expected to be transferred to institutions, communities and companies that can benefit from the results generated and the case study to be developed.

Key words: *Water harvesting, atmospheric harvester, internet of things, applied research, water resources*

PROYECTO 85: Detección automática in situ de aforo en video para retorno a presencialidad debido a la pandemia de la COVID19

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio 2022 al 30 de junio del 2024

Área: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Sub área: Ing Eléctrica, Electrónica e Ing de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Ingeniería Electrónica

Investigador Coordinador: Ing. Laura Cabrera Quirós

Correo: lcabrera@tec.ac.cr

Resumen

La pandemia de la COVID-19 ha transformado, en diferentes aspectos, la vida moderna como la conocemos. A pesar del alto índice de vacunación de la población en Costa Rica (por ejemplo, 90% de la población mayor de 12 años ha recibido al menos una dosis), las nuevas variantes del virus que se detectan nos fuerzan a continuar siguiendo los protocolos definidos por los expertos en el área. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la llamada distancia social ayuda a evitar el contagio con personas que tosen, estornudan o simplemente hablan, porque estas expulsan pequeñas gotículas que pueden contener el virus. Las partículas que caen alrededor de una persona, incluso si lleva mascarilla, podrían inhalarse. Esto se exagera en espacios cerrados, por lo que una de las medidas para reducir la probabilidad de contagio es limitar la cantidad de personas que se pueden aglomerar.

En la última década, muchos avances se han realizado en la detección automática de diferentes clases de objetos, entre ellos personas, mediante técnicas avanzadas de visión por computadora y el uso de redes neuronales artificiales. Este tipo de tecnologías potencialmente permitiría realizar un control de aforo en espacio cerrados de manera objetiva, no invasiva y a

bajo costo. Sin embargo, muchas de las aplicaciones basadas en redes neuronales dependen de grandes capacidades computacionales y tienen altos tiempos de espera para la detección. Esto limita la ejecución de estas aplicaciones en sistemas computacionales con menos recursos que podrían desplegarse con mayor facilidad, a un menor costo y sin la necesidad de contar con servidores remotos para el procesamiento.

Esta propuesta de proyecto de desarrollo tecnológico propone el diseño de un dispositivo que permita la detección y el conteo automático in situ de personas en espacios cerrados con la finalidad de contribuir a la mitigación de la pandemia de la COVID-19. Para lograrlo, este proyecto propone el diseño de un algoritmo para la detección y conteo automático de personas en video capaz de ejecutarse con recursos computacionales reducidos, pero sin impactar considerablemente su capacidad de detección, además de la posterior implementación de dicho algoritmo en una plataforma embebida y su validación en un escenario real de control de aforo.

Palabras clave: *Visión por computadora, Aprendizaje Automático, Sistemas embebidos.*

Abstract

The COVID-19 pandemic has, in many ways, transformed modern life as we know it. Despite the high rate of vaccination of the population in Costa Rica (i.e., 90% of the population over 12 years of age has received at least one dose), the new variants of the virus that are detected force us to continue following the defined protocols by experts in the area. According to the World Health Organization, the so-called social distance helps to avoid contagion from people who cough, sneeze, or simply talk, as they expel small droplets that can contain the virus. Particles that fall around a person, even if they are wearing a mask, could be inhaled. This is exacerbated in closed spaces, so one of the measures to reduce the probability of contagion is to limit the number of people who can gather.

In the last decade, many advances have been made in the automatic detection of different classes of objects, including people, through advanced computer vision techniques and the use of artificial neural networks. This type of technology would potentially allow capacity control in close spaces to be carried out objectively, non-invasively and at low cost. However, many of the neural network-based applications strongly rely on large computational capabilities and have high waiting times for

detection. This limits the execution of such applications on computer systems with fewer resources that could be deployed more easily, at a lower cost and without the need for remote servers for processing.

This technological development project proposal entails the design of a device that allows automatic on-site detection and counting of people in closed spaces to contribute to the mitigation of the

COVID-19 pandemic. To achieve this, this project proposes the design of an algorithm for the automatic detection and counting of people in video, capable of running with reduced computational

resources but without significantly impacting its detection capacity of a room. Additionally, proposes the subsequent implementation of said algorithm in an embedded platform, and its validation in a real capacity control scenario.

Key words: *Computer vision, machine learning, embedded systems.*

PROYECTO 86: Clasificación y comparación de imágenes biomoleculares y médicas.

Periodo de ejecución: Del 1 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2023

Área: computación y electrónica

Subárea: computación y ciencias de la información

Escuela participante: Ingeniería en Computación

Investigador: Dr. Juan Esquivel

Correo: jesquivel@tec.ac.cr

Resumen

El estudio de los organismos se ha beneficiado de técnicas de generación de imágenes que revelan detalles no aparentes al ojo humano. Un tipo clásico de imágenes médicas se obtiene, por ejemplo, a través del uso de rayos X, generando imágenes que revelan detalles de tejidos internos. Tecnologías más contemporáneas, como la resonancia magnética, permitieron explorar tejidos y moléculas internas a los organismos en tres dimensiones. Adicionalmente, microscopios que utilizan electrones para revelar detalles a escalas pequeñas nos permiten estudiar moléculas de bajo nivel que conforman los organismos. En general, los campos relacionados con ciencias de la vida poseen herramientas para explorar los detalles estructurales de los organismos a diferentes niveles de detalle, dependiendo del objeto de estudio, aunque no todas han sido depuradas al mismo nivel.

Las tecnologías para explorar tejidos de gran tamaño han sido maduras por mucho más tiempo que sus contrapartes microscópicas. Las imágenes generadas por estos nuevos microscopios empezaron a consolidarse al inicio de la década en una base de datos pública llamada EMDB (Electron Microscopy Data Bank). Existe, una necesidad de herramientas

de búsqueda avanzadas sobre este tipo de base de datos de imágenes. Muchas de las herramientas de búsqueda dependen de la anuencia que tengan los autores de las imágenes de agregar anotaciones textuales a la base de datos. De esta forma, otros investigadores pueden realizar búsquedas por “palabras clave” que correspondan a las anotaciones. Sin embargo, una manera más robusta de búsqueda debería basarse en las características estructurales de las imágenes.

Este proyecto busca crear algoritmos de búsqueda utilizando características estructurales, enfocados en características locales. Esto permitirá a los usuarios de un sistema de búsqueda de este tipo proveer una imagen correspondiente a una sola biomolécula y encontrar ocurrencias de ésta en diferentes imágenes en la base de datos, independientemente si aparece en su totalidad o como un segmento de la misma.

Los mismos principios de identificación y búsqueda descritos pueden aplicarse a búsqueda de secciones de tejidos. Al llegar a este nivel de análisis, nos acercamos mucho más a lo que en este momento se conoce como “análisis de imágenes médicas”. Por ejemplo, el sistema podría ser entrenado para identificar cúmulos de células degeneradas (relacionado cáncer) en lugar de identificar pequeñas proteínas.

Palabras clave: *Microscopía de electrones, tomografía de electrones, búsqueda de estructuras biológicas, segmentación de imágenes, clasificación de imágenes, biología computacional, biología estructural.*

PROYECTO 87: Metodología para el reconocimiento automático de patrones del Pensamiento Computacional en estudiantes de la educación general básica para mejorar los procesos de gestión

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería en Computación

Participante Escuela de Matemática

Participante Área Académica de Ingeniería en Computadores

Investigador Coordinador: Ing. Liliana Sancho Chavarría, MSc.

Contacto: lsancho@tec.ac.cr

Resumen

El desarrollo del Pensamiento Computacional es indispensable para mejorar las condiciones sociales y de empleabilidad de las personas. Este tipo de pensamiento incentiva el uso de la abstracción, planificación, la descomposición de los problemas en las partes que los constituyen, el aprendizaje de habilidades para la especificación, análisis y la solución de problemas. Además de contribuir con la formación del pensamiento crítico, la creatividad y la cooperación entre los alumnos. Sin embargo, en la actualidad no se cuentan con metodologías robustas y escalables que permitan estudiar las enormes bases de código fuente existentes, producto de ejercicios, exámenes y tareas para reconocer los patrones de aprendizaje predominantes y determinar el cumplimiento de objetivos, competencias y metas planteadas. Como consecuencia, se requiere efectuar el análisis exhaustivo de habilidades, conocimientos, resultados y niveles de aprendizaje de alumnos para identificar los puntos de mejora de los objetivos de aprendizaje, planes de estudio, ejercicios y el desarrollo de las habilidades de los estudiantes. Como consecuencia, esta investigación tiene por fin definir una metodología de análisis avanzado del código fuente generado por los estudiantes con el fin de correlacionar los objetivos de

aprendizaje con las habilidades de Pensamiento Computacional desarrolladas los alumnos de forma automática.

Palabras clave: *Análisis avanzado de código, gestión educativa, evaluación de la formación, metodología escalable.*

Abstract

The development of Computational Thinking is essential to improve the social conditions and employability of people. This type of thinking encourages the use of abstraction, planning, the decomposition of problems in the parts that constitute them, the learning of skills for specification, analysis and problem-solving. In addition, it contributes to the formation of critical thinking, creativity, and cooperation among students. However, there are no robust and scalable methodologies to study the enormous codebases that are produced by the solution of exercises, exams, and projects to recognize the predominant learning patterns and determine the fulfillment of objectives, the level of competencies achieved, and the goals accomplished. Consequently, it is necessary to carry out an exhaustive analysis of skills, knowledge, results, and levels of the

performance of students to identify points of improvement to accomplish the learning objectives and amend the curricula and exercises. Therefore, this research aims to define a methodology of advanced and automatic source code analysis using as a basis the code generated by the students in order to correlate the learning objectives with the Computational Thinking skills developed by the students.

Keywords: *Advanced code analysis, educational management, training evaluation, scalable methodology.*

PROYECTO 88: Procesos de Manufactura en el Aula, desarrollo de un Objeto de Aprendizaje con Realidad Mixta (XR)

Periodo de ejecución:

Del 9 de abril del 2021 al 8 de abril del 2023

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Otras Ingenierías y Tecnologías

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería en Computación

Participante CEDA TEC Digial

Administración de Empresas

Investigador Coordinador: Ing. Yuen Law

Contacto: ylaw@tec.ac.cr

Resumen

En el curso Productividad empresarial de Administración de empresas se da la iniciativa de incorporar aplicaciones inmersivas para sustituir experiencias prácticas reales. En este curso, tradicionalmente se ha tenido la práctica de visitar alguna empresa de producción para observar el proceso y aplicar los conocimientos obtenidos en el curso a una situación real. Sin embargo, por diferentes motivos, es difícil encontrar empresas de manufactura, que permitan observar el proceso de producción y que además presenten las condiciones adecuadas para ofrecerle a los estudiantes la experiencia de aprendizaje requerida. Esta dificultad se ve exacerbada en condiciones de emergencia como las que atraviesa hoy por hoy el mundo entero. Este proyecto de investigación tiene como propósito desarrollar e implementar un prototipo de objeto de Aprendizaje en realidad mixta para ser evaluado en el curso de Productividad empresarial. Para esto, se realizará la validación de un instrumento de usabilidad para identificar la pertinencia del objeto, así como, una evaluación cuantitativa y cualitativa de la eficacia del objeto en el contexto educativo.

Palabras clave: *Realidad Mixta, Educación 3.0, Objetos de aprendizaje, Usabilidad*

Abstract

It has been proposed, for the lecture of Enterprise productivity of the School of Business Administration, to use immersive technologies to substitute real practical experiences. Traditionally, during this lecture, students are required to visit a production site to observe its process and apply their knowledge in a rel-life scenario. However, finding businesses that are willing to participate and offer the right learning conditions has become a challenge. This situation is now worse due to the current pandemic. In this project, we aim to develop a prototype of a Learning Object with Mixed Reality (XR) that will be used and evaluated in the lecture.

Keywords: *Mixed Reality, Education 3.0, Learning Objects, Usability.*

PROYECTO: FAIR 89: Feminist AI Research f<A+i>r: Incubating Feminist AI: From Paper to Prototype to Pilot

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio del 2021 al 31 de diciembre del 2024

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Escuelas participantes:

Proponente Unidad Desconcentrada de Ing. en Computación de Alajuela

Investigador Coordinador: M.Sc. María Estrada Sánchez

Contacto: mestrada@itcr.ac.cr

Resumen

Los prejuicios sistémicos de género, raciales, sociales, lingüísticos, así como de otras interseccionalidades, se encuentran en el centro de los actuales procesos de inteligencia artificial que surgen en el Norte global y que luego son replicados en el Sur global. Es urgente combatir y corregir estos prejuicios y discriminaciones a través del análisis y las propuestas con enfoques que desde una perspectiva feminista, descolonial, situada, que ofrezca visiones alternativas para responder ante los problemas que enfrentamos como región.

El enfoque de Inteligencia Artificial Feminista (Algoritmos de toma de decisión (ATD) e Inteligencia Artificial (IA) aprovechados para brindar resultados de igualdad, diseñados con inclusión en el núcleo, que crean nuevas oportunidades y corrigen innovadoramente las desigualdades) es proactivo: 1. a partir de 'por qué' y 'qué' se investiga sobre 'cómo' los nuevos datos, algoritmos, modelos, redes, políticas o sistemas de IA y ATD podrían impactar de manera concreta y positiva en los problemas sociales, mejorar la calidad de vida y corregir la exclusión histórica; 2. creando prototipos de las hipótesis de investigación de f<a+i>r más prometedoras como prueba de concepto utilizando principios de justicia de diseño, ampliando

las asociaciones fronterizas para incluir comunidades, académiques, activistas, tecnólogos; 3. poner a prueba los prototipos más efectivos con nuevas asociaciones del sector público y privado para innovar activamente y corregir las desigualdades históricas.

A través de este enfoque con la red f<a+i>r arraigada en Latinoamérica y el Caribe, Medio Oriente y el norte de África y el Sureste de Asia, (y un fuerte enlace con AI4D Africa Gender Innovation Lab), nosotros, fortalecemos de manera única la capacidad de los actores regionales, construimos un campo de equipos inter e intra regionales, multidisciplinarios con comprensión profunda de las necesidades distintivas de cada región, para aprovechar los aprendizajes sobre soluciones colectivas y nutrir las raíces de la IA feminista en el sur global.

Palabras clave: *Inteligencia Artificial, Algoritmos de Toma de Decisión, Género, Feminismo, Computación y Sociedad.*

Abstract

Systemic gender, racial and intersectional bias sit at the core of current Artificial Intelligence & Algorithmic Decision-Making

processes born in the North, replicated in the South. Combatting and correcting this wired bias and discrimination is urgent in order that pro-social capabilities of AI & ADM can be activated.

The Feminist AI approach (Algorithmic Decision-Making Systems (ADM) and Artificial Intelligence (AI) harnessed to deliver equality outcomes, designed with inclusion at the core, that create new opportunities & innovative correction of inequities) is proactive: 1. springboarding from ‘why’ and ‘what’ to research on ‘how’ new AI & ADM data, algorithms, models, networks, policies or systems could concretely and positively impact social problems, improve Quality of Life, and correct for historic exclusion; 2. prototyping most promising f<a+i>r research hypotheses for proof of concept using design justice principles, widening boundary partnerships to include communities, academics, activists, technologists; 3. piloting the most effective prototypes with new public and private sector partnerships to actively innovate and correct for historic inequities.

Through this approach with the f<a+i>r network rooted in LAC, MENA, and SEAsia, (and strong liaison to AI4D Africa Gender Innovation Lab), we, 4. uniquely strengthen capacity of regional actors, build a field of inter- and intra-regional multi-disciplinary

teams, deepen understanding of each region's distinctive needs, leverage learnings on collective solutions, and nurture the roots of Feminist AI in the global south.

Keywords: *Artificial Intelligence, Algorithmic Decision-Making, Gender, Feminism.*

PROYECTO 90: Elaboración de un instrumento para la estimación del nivel de competencias de comportamiento en los desarrolladores de software y gerentes de proyectos del sector de tecnologías digitales en Costa Rica.

Periodo de ejecución:

Del 01 de abril del 2020 al 30 de marzo del 2023

Área: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Sociales

Sub área: Computación y Ciencias de la Información, Otras Ingenierías y Tecnologías, Economía y Negocios

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas

Participante Carrera Administración de Tecnología de la Información

Investigador Coordinador: Dra. Grettel Brenes Leiva

Contacto: gbrenes@tec.ac.cr

Resumen

El uso de la tecnología digital genera un cambio trascendental que impone nuevas exigencias a toda la sociedad, en especial, para aquellos perfiles de puestos que se relacionan de manera directa con el uso de las tecnologías digitales (TD), porque son las personas y no solo la tecnología, quienes transforman las organizaciones. De ahí, surge la necesidad de asegurarse de que esta fuerza de trabajo tenga o desarrolle un conjunto de competencias de comportamiento que los preparen para desempeñar sus puestos eficientemente. La literatura, presenta la existencia de marcos generales de competencias digitales especialmente en la Unión Europea, que por su naturaleza son referencias de carácter general y amplios, orientados principalmente al sector de la educación y la administración pública. No obstante, el alcance de estos marcos de referencia no llega a la construcción de instrumentos para estimar el nivel de las competencias digitales ni de comportamiento en los colaboradores de sectores o contextos específicos, como es el de tecnología digitales, que se pretende alcanzar en esta investigación. Ante este vacío, la literatura llama a los estudiosos a realizar instrumentos en esta línea de investigación, que permitan realizar estimaciones de la existencia y el nivel de las competencias digitales y de

comportamiento, en los diferentes grupos laborales. Se investigó a nivel de Costa Rica, para comprobar si se había elaborado este tipo de instrumentos en el sector de las empresas de tecnología digitales y no se encontró evidencia alguna a nivel nacional. Es por esta razón, que esta propuesta está orientada a elaborar un instrumento para la estimación del nivel de competencias de comportamiento (conocidas comúnmente como habilidades blandas) en los colaboradores del sector de tecnologías digitales de Costa Rica, que permita identificar y medir las competencias de comportamiento, específicamente para dos grupos fundamentales de colaboradores del sector TD: los desarrolladores de software, considerados de primera línea que atienden los servicios o productos que solicitan las organizaciones, y el otro grupo, es el de los gerentes de proyectos que tienen a cargo el personal ya citado. Para alcanzar los objetivos de esta propuesta se utilizará un enfoque mixto de investigación. En la primera fase, se hará un estudio preliminar exploratorio para detectar cuáles son las competencias consideradas como las más importantes por expertos de este sector. A partir de la información recopilada, se procede con la segunda fase cuantitativa que consiste en determinar la confiabilidad y la validez del instrumento propuesto.

Palabras clave: *competencias, competencias de comportamiento, instrumento de medida, sector TI, gestión de talento humano.*

Abstract

The use of digital technology generates changes that imposes new demands on society as a whole, especially for those job profiles that are directly related to the use of digital technologies (TD), because it is people and not just technology that transform organizations. Hence, there is a need to ensure that this workforce has or develops a set of behavioral competencies that prepare them to perform their jobs efficiently. The literature presents the existence of general frameworks of digital competences especially in the European Union, which by their nature are general and broad references, oriented mainly to the education sector and public administration. However, the scope of these reference frameworks does not extend to the construction of tools for estimating the level of digital competences or behavior in collaborators in specific sectors or contexts, such as digital technology, which this research aims to achieve. Faced with this void, the literature calls on scholars to

develop instruments in this line of research that allow for estimates of the existence and level of digital and behavioral competencies in different work groups. Research was carried out in Costa Rica to verify whether this type of instrument had been developed in the sector of digital technology companies and no evidence was found at the national level. It is for this reason; this proposal is oriented to elaborate an instrument for the estimation of the level of behavioral competencies (commonly known as soft skills) in the collaborators of the digital information technologies sector of Costa Rica. This instrument will allow people to identify and measure the behavioral competencies, specifically for two fundamental groups of collaborators of the TD sector such as the software developers, considered the first line that attend the services or products that the organizations request, and the other group, is the one of the project managers in charge of the already mentioned personnel. A mixed research approach will be used to achieve the objectives of this proposal. In the first phase, an exploratory study will be carried out to detect which competencies the experts, in this sector, consider the most important. Based on the information gathered, the second quantitative phase consists of determining the reliability and validity of the proposed instrument.

Keywords: *competences, behavioral competences, measuring instrument, IT sector, human talent management.*

PROYECTO 91: Generación de un algoritmo de recomendación de métodos para pronósticos a partir de la caracterización de la serie temporal

Periodo de ejecución: 1 de noviembre del 2021 al 30 de noviembre del 2023

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Computación y Ciencias de la Información

Escuelas participantes:

Proponente: Administración de Empresas

Participante: Ingeniería en Computación

Investigador Coordinador: Dr. Martín Solís Salazar

Contacto: marsolis@tec.ac.cr

Resumen

La predicción futura del comportamiento de una serie de tiempo es una tarea que se lleva a cabo en los diferentes campos del conocimiento, como los Negocios, Economía, Agronomía, Epidemiología, etc. Al ser una tarea necesaria y común en diversos campos han surgido muchos métodos y algoritmos para realizar predicciones futuras en series de tiempo. La presente investigación pretende utilizar el meta aprendizaje para crear un algoritmo de recomendación que permita sugerir cuál método de predicción se debe utilizar cuando se requieren hacer pronósticos en cualquier área. El algoritmo tomará como entrada diferentes variables del comportamiento de la serie de tiempo y dará como salida la recomendación del método de predicción que se debe utilizar. En términos académicos se generará nuevo conocimiento sobre la capacidad predictiva de los algoritmos según las características de las series de tiempo. En términos prácticos pueden ser de utilidad a la resolución de problemas prácticos a nivel nacional que requieren pronósticos de series temporales. En términos específicos, el algoritmo de recomendación se probará en la elaboración de pronósticos de variables macroeconómicas como lo son: la inflación, el tipo de cambio, y el índice mensual de actividad económica. Los pronósticos de estas variables son necesarios para la

formulación de políticas pertinentes y la adecuada toma de decisiones en materia económica y financiera del país.

Palabras clave: *Series de tiempo, pronósticos, meta aprendizaje*

Abstract

The future prediction of a time series is a task that is carried out in different fields of knowledge, such as Business, Agronomy, Epidemiology, etc. Many methods and algorithms have emerged to make future predictions in time series. The present research aims to use meta learning to create a recommendation algorithm that allows suggesting which prediction method should be used when forecasting is required in any area. The algorithm will take as input different variables of the behavior of the time series and will output the recommendation of which prediction method should be use. In practical terms, they can be useful in solving practical problems at the national level that require time series forecasts. In specific terms, the recommendation algorithm generated will be tested in two fields where forecasts are required at the national level, such as the

prediction of of macroeconomic variables. In academic terms, new knowledge will be generated about the predictive capacity of algorithms according to the characteristics of the time series

Key words: *Time Series, Forecast, meta-learning*

PROYECTO 92: Optimización del manejo de plantas arvenses en los estadios iniciales de cultivos forestales de teca y melina

Periodo de ejecución:

Del 01 de julio del 2021 al 30 de junio del 2024

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Ciencias de la Tierra y del Ambiente

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Investigador Coordinador: Ing. Mario Guevara

Contacto: maguevara@tec.ac.cr

Resumen

El control de arvenses es una actividad imprescindible para el manejo de plantaciones forestales. Se encuentra bien documentado que las arvenses afectan el crecimiento y disminuyen la productividad de las plantaciones en sus estadios iniciales. Sin embargo, el conocimiento sobre el adecuado control de arvenses en plantaciones forestales es limitado por lo que el objetivo de esta propuesta es optimizar las labores de diagnóstico, monitoreo y control de plantas arvenses en cultivos forestales de teca y melina. A través de la realización de un diagnóstico a reforestadores nacionales se determinará el nivel de conocimiento por parte de los productores sobre las malezas existentes en sus plantaciones.

Como segundo objetivo específico, se evaluará el efecto de herbicidas y métodos alternativos de control en el crecimiento y productividad de las plantaciones. Además, se desarrollará un protocolo de monitoreo remoto de plantas arvenses a partir de fotografías tomadas por una aeronave piloteada a distancia. Como principales resultados se espera la obtención de información acerca del conocimiento por parte de reforestadores nacionales sobre arvenses y su manejo asociado en plantaciones forestales, la generación de varios

artículos científicos y la ejecución de días de campo. Esta propuesta viene a continuar los esfuerzos realizados por el grupo de silvicultura intensiva por el aumento de la productividad de plantaciones forestales.

Palabras clave: *Plantaciones forestales, manejo integrado de malezas, Costa Rica, monitoreo remoto.*

Abstract

Weed control is an essential activity for forest plantations management. It is well documented that weeds affect growth and decrease the plantation productivity in their initial stages. However, the knowledge on the adequate control of weeds in forest plantations is limited, so the objective of this proposal is to optimize the work of diagnosis, monitoring and control of weed plants in forest crops.

Through a diagnosis of national reforesters, the level of knowledge of the producers about the existing weeds in their plantations will be determined.

As a second specific objective, the effect of herbicides and alternative control methods on the growth and productivity of the plantations will be evaluated. In addition, a protocol for remote monitoring of weed plants will be developed based on photographs taken by a remotely piloted aircraft. The main results are to obtain information about the knowledge by national reforesters about weeds and their associated management in forest plantations and the generation of several scientific articles and the execution of field days. This proposal continues the efforts made by the intensive forestry research group to increase the productivity of forest plantations.

Keywords: *Forestry plantations, integrated weed management, remote sensing, Costa Rica.*

PROYECTO 93: Desarrollo de una metodología de cálculo de tasas de transporte de sedimentos de fondo contemplando diámetros de partículas no uniformes mediante la evaluación de las ecuaciones de Meyer-Peter and Müller, Bagnold, Van Rijn, Engelund Hansen y Yalin en los alrededores de la confluencia entre los ríos Reventazón y Parismina

Periodo de ejecución:

Del 01 de setiembre del 2020 al 31 de agosto del 2022

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Otras Ingenierías y Tecnologías

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería Agrícola

Investigador Coordinador: Ing. Laura Segura Serrano.

Contacto: lsegura@tec.ac.cr

Resumen

El transporte de sedimentos de fondo cumple un papel fundamental en la morfología del cauce y ha sido sujeto de estudio sistemático por parte de científicos e ingenieros por más de cien años (Gomez 1991). Desde entonces un gran número de ecuaciones para calcular tasas de transporte de sedimentos han sido formuladas. Sin embargo, las mismas no han sido evaluadas en forma rigurosa utilizando series de datos temporales (Gomez, 1991, Basile 2000). Aunado a lo anterior, es notoria la variabilidad de los resultados a la hora de calcular volúmenes de sedimento utilizando los mismos datos con ecuaciones diferentes, lo cual complica el proceso de toma de decisiones; especialmente a la hora de realizar modelaciones de procesos fluviales, planteando la interrogante de cuál ecuación utilizar y de si realmente esos resultados se acercan a la realidad.

El presente estudio apoyado por el ICE, SENARA y Queen's University evaluará las ecuaciones de Meyer-Peter and Müller, Bagnold, Engelund Hansen, Van Rijn y Yalin en un tramo (longitud por definir) cerca de la confluencia entre los ríos Reventazón y Parismina. Como metodología de la evaluación se utilizará un modelo computacional y un modelo físico. Un

análisis extensivo de los resultados y un informe detallado podrán ser utilizados como material de apoyo al momento de realizar modelaciones de transporte de sedimentos de fondo.

Los resultados de este estudio contribuirán a la sistematización de la investigación en Costa Rica en el tema de transporte de sedimentos de fondo y aportarán a los relativamente pocos estudios de esta índole a nivel global. Así mismo, será la base para el inicio del establecimiento de una metodología de cálculo

Palabras clave: *Transporte de sedimentos de fondo, dinámica fluvial, ecuaciones, evaluación*

Abstract

Sediment transport, especially bed-load is of great importance on the occurrence of morphological changes on the stream channels and has been object of systematic research by researchers and engineers over the past hundred years (Gomez 1991). Numerous methodologies to calculate bed-load had been proposed. However, any of these had been evaluated in a rigorous way by means of a temporal data series. (Gomez, 1991, Basile 2000).

In addition, it is evident the great variability of the results when calculating volume of sediment while using the same data but different equations. This fact complicates the decision making for the practitioners when choosing the equations to model fluvial processes. The question that arises is which equation to use and how the results represent the reality.

The present research which is supported by ICE, SENARA y Queen's University, is meant to evaluate the de Meyer-Peter and Müller, Bagnold, Engelund Hansen, Van Rijn y Yalin equations in a section (to be defined) of the confluence of Reventazon and Parismina rivers. The methodology involves the aid of a computational model and a physical model as well as field data. The outcome of the research will be a detailed report including an extensive analysis of the results to be offered to the practitioners, as a guide when calculating or modelling bed-load sediment transport. Furthermore, the results of the research will contribute to the systematization of the information and research on bed-load sediment transport and is going to contribute to the relative few published studies on the topic.

Keywords: Bed-load sediment transport, fluvial dynamics, acorde a las condiciones específicas de los Ríos de Costa Rica. evaluation, equations.

PROYECTO 94: BIOECODES: El BIOcarbón como estrategia de ECONOMÍA circular: valorización de residuos agroindustriales para la DESCARBONIZACIÓN y la protección de los recursos

Periodo de ejecución:

Del 5 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2022

Área: Ambiente y Agua

Sub área: Economía Circular

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería Agrícola

Investigador Coordinador: Ing. Karolina Villagra

Contacto: kvillagra@tec.ac.cr

Resumen

Los residuos de la agroindustria tienen un alto valor potencial si son adecuadamente re-incorporados en una economía circular de la producción. Residuos altos en fibra, como el rastrojo de piña y el pinzote de palma aceitera, que representan, por sus volúmenes de producción, contaminante importantes, pueden ser transformados en biocarbón, y ser incorporados al suelo, apoyando procesos de descarbonización y mejorando las características del suelo. El biocarbón es un estrategia de balance energético negativo, que favorece el secuestro de carbono al aplicarse al suelo (mitigación), y mejorar la retención de humedad, nutrientes y pesticidas, disminuyendo el impacto negativo de los mismos en el ambiente y favoreciendo una producción más sostenible. El presente proyecto evaluará la producción de biocarbón a partir de rastrojos de piña, pinzote de palma aceitera en hornos de estañón, de bajo costo. Además, se evaluará el impacto de la aplicación de este en la producción agrícola utilizando cultivos indicadores, piña y frijol, en Pital y Pérez Zeledón. Se determinará la capacidad de la mezcla biocarbón y diferentes tipos de suelo, para retener fertilizante nitrogenado, pesticidas y agua en columnas de suelo en laboratorio. Se analizan posibles efectos ambientales del uso de biocarbón, tales como ecotoxicidad (impacto sobre

población microbiana), producción de lixiviados y la emisión de gases efecto invernadero, comparando el balance de emisiones de CO₂ de la producción de biocarbón versus el manejo actual del residuo agroindustrial. Finalmente se analiza la factibilidad económica y de gestión de su producción con talleres de productores y procesadores de residuos agroindustriales.

Palabras Claves: *Biocarbon, pinzote de palma, rastrojo de piña, ecotoxicidad, lixiviados, emisiones; economía circular*

Abstract

Agro-industry residues have a high potential value if they are properly re-incorporated in a circular economy. High-fiber residues, such as pineapple stubble and oil palm stalks, represent, due to their production volume, an important source of pollution which can be transformed into a biochar by-product. Biochar can be incorporated into the soil, supporting decarbonization processes and improving soil physical characteristics. Biochar might be considered as a negative energy balance strategy, which favors carbon sequestration when applied to the soil (mitigation), and improves soil moisture

retention, nutrients and pesticides, reducing their negative impact on the environment, by favoring a sustainable production. This project will evaluate the production of biochar from pineapple stubble, and oil palm stalks, both, in low-cost tin ovens. In addition, the impact of its application on agricultural production will be evaluated using indicator crops, pineapple and beans, in Pital and Pérez Zeledón. We will study the capacity of the mixture biochar/soil (with different soil types) to retain nitrogen fertilizer, pesticides and water, in soil columns in the laboratory. We will also analyze some biochar environmental effects such as ecotoxicity (impact on the microbial population), leachate

production, and greenhouse gas emission. To accomplish this, we will compare the CO₂ balance emissions from biochar production versus the current agro-industry management residues. Finally, we will assess the economic and management feasibility of biochar production, according to workshops oriented to agro-industrial waste producers.

Keywords: *Biochar, oil palm stalks, pineapple stubble, ecotoxicity, leachate, emissions; circular economy.*

PROYECTO 95: Desarrollo de un paquete tecnológico que fomente la economía circular en los sistemas de producción agroalimentaria, mediante la reducción de la huella hídrica y uso de fertilizantes

Periodo de ejecución:

Del 05 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2022

Área: Agricultura y Alimentos

Sub área: Maricultura

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ingeniería Agrícola

Participante: Escuela de Química Escuela de Agronegocios

Escuela de Ingeniería Electrónica

Investigador Coordinador: Dra. Karolina Villagra

Contacto: kvillagra@tec.ac.cr

Resumen

La actividad agrícola ha enfrentado, en los últimos años, alteraciones en el ritmo de su producción debido a que las sequías se hacen, cada vez, más frecuentes y prolongadas, mientras que la época lluviosa tiende a eventos más intensos durante períodos más cortos. Por otro lado, el uso intensivo del suelo agrícola ha conllevado, con el paso del tiempo, a una reducción de su función productiva debido a la degradación física, química y biológica del suelo. Por esta razón, los suelos hortícolas requieren de soluciones efectivas en cuanto al manejo sostenible de su producción donde se maximice el uso del recurso suelo y agua sin enfrentar problemas de productividad y rentabilidad en su actividad. El biocarbón, como enmienda, mejora propiedades del suelo como el pH, capacidad de retención de agua y nutrientes, y por ser recalcitrante perdura en el suelo por muchos años sin degradarse. Es así como el biocarbón, mejora la función productiva del suelo, potencia una reducción en el uso de agua para riego y contribuye a la descarbonización por medio del secuestro de carbono en el suelo.

Este proyecto propone implementar un paquete tecnológico transferible y replicable, enfocado en administrar el riego en

forma automatizada y mitigar la contaminación del agua por medio de una fertilización de precisión para la producción hortícola. Se basa en el mejoramiento de un suelo volcánico, en este caso mediante la aplicación de biocarbón, como forma de revalorización de la biomasa producida en las fincas, en combinación con el uso de un sistema electrónico inteligente de bajo costo que utilice “el internet de las cosas” para monitorizar la razón de cambio en la humedad del suelo y la evapotranspiración, para administrar el riego optimizando la huella hídrica.

El paquete propuesto será aplicado a suelos volcánicos, que representan un 15,11% del territorio costarricense y son utilizados intensivamente en agricultura, por ejemplo, en la zona norte del cantón central de Cartago y Oreamuno. En el proyecto realizado previamente en este tema, se comprobó que los agricultores no saben cómo producir biocarbón de calidad, desconocen dosis adecuadas y formas de aplicación, y desconocen los beneficios que esta enmienda les puede dar a sus cultivos. Por esta razón, la combinación de enmiendas que potencien los beneficios de una producción sostenible con el uso de tecnología que contribuya a reducir el consumo de recursos, el impacto ambiental y los costos de producción, constituye un aporte a destacar de esta propuesta.

Además de productos académicos y del paquete tecnológico, se espera obtener un acercamiento sistemático para poder determinar los aumentos en la eficiencia de absorción de los nutrientes en función de las dosis de biocarbón y su capacidad de aumentar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, así como la cuantificación de la reducción de los requerimientos de fertilizantes y recurso hídrico (huella azul), la reducción en el impacto contaminante de los nutrientes en los cuerpos de agua y las aguas subterráneas (huella gris) y los costos de producción hortícola. La tecnología desarrollada y el conocimiento serán útiles para poder transferirlos a otros productores y aplicarlo a otros cultivos posteriormente.

Palabras claves: Biocarbon, paquete tecnológico, riego inteligente, suelo volcánico, huella azul, internet de las cosas

Abstract

In recent years, agriculture has been affected by production rate changes, due to the impact of more frequent and prolonged droughts, and more intense and shorter rain events. On the other hand, the more intensive use of the agricultural land has

led, over time, to a reduction in its productive function due to the physical, chemical and biological degradation of the soil. For this reason, horticultural soils require effective solutions aimed to a more sustainable production management by maximizing soil and water resources and minimizing the negative impacts over their productivity and profitability. Biochar, as an amendment, improves soil properties such as pH, water and nutrient retention capacity, and because it is recalcitrant, it lasts in the soil for many years without degrading. This is how biochar improves the productive function of the soil, promotes a reduction in water use, especially for irrigation and contributes to decarbonization by sequestering carbon in the soil.

This project aims to implement a transferable and replicable technological package, focused on managing irrigation automatically and mitigating water pollution through precision fertilization. It is based on the improvement of a volcanic soil, in this case through the application of biochar, as a way of revaluing the biomass produced on the farms, in combination with the use of a low-cost intelligent electronic system that uses the “Internet of things” concept to monitor soil moisture changes and evapotranspiration, and to optimize irrigation, reducing water footprint.

The proposed package will be applied to volcanic soils, which represent 15.11% of Costa Rican territory and are intensively used in agriculture, for example, in the northern zone of the central canton of Cartago and Oreamuno. A previous research, demonstrated that farmers do not know how to produce biochar of good quality, they do not know the appropriate application rates and ways of applications, and are unaware of the benefits that this amendment can give to their crops. For this reason, the combination of amendments that enhance the benefits of sustainable production with the use of technology that helps reduce resource consumption, environmental impact and production costs, constitutes a noteworthy contribution.

It is also expected to be able to determine the increase in the nutrient absorption efficiency, based on the biochar doses and its capacity to increase cation exchange capacity of the soil. Furthermore, the decrease fertilizers requirements, water use (blue footprint), polluting impact of nutrients in water bodies and groundwater (grey footprint) and the costs of horticultural production will be determined. This technological package will be also transferred to other producers.

Keywords: *Biochar, technological package, intelligent irrigation, volcanic soil, water footprint, internet of things.*

PROYECTO 96: Evaluación del uso potencial de fibras naturales como biomaterial

Periodo de ejecución:

Del 05 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental y Otras Ingenierías y Tecnologías

Área: Ciencias Agronómicas

Sub área: Agricultura, forestería y pesca Biotecnología Agrícola **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Agronegocios

Investigador Coordinador: Dr. Rooel Campos

Contacto: rocampos@tec.ac.cr

Resumen

Costa Rica exportó en los años 2016 y 2017 69 mil toneladas de plantas ornamentales incluyendo pequeñas, medianas empresas y cooperativas. Coopeindia R.L es una cooperativa de productores de Caña India y otras plantas ornamentales. Actualmente cuenta con 116 asociados, la mayoría de ellos productores de café ubicados en las zonas de Palmares, San Ramón y Naranjo.

Debido a la crisis internacional en los precios del café y las enfermedades que han estado afectando su producción, Coopeindia ha venido a ser una alternativa importante para los asociados, y se ha acercado al TEC porque interesa buscar otros usos además del ornamental a las fibras de *Dracaena Fragans Massangeana* (*Dracaena*) y la *Yucca Elephantipes* (*Itabo*) mediante la caracterización de la fibra y otros productos alternativos. Por otra parte, el abacá también conocido como cáñamo de Manila, produce una fibra natural que se extrae de la vaina de las hojas que rodean el tallo de la planta *Musa textilis*, nativa de Filipinas, que ha sido ampliamente distribuida en los trópicos húmedos. Se usa principalmente para la producción de papeles especiales y se reportan más de 300 productos a nivel mundial, siendo ampliamente conocidas las

bolsas de té y filtros para café. El abacá es valorado por su gran resistencia mecánica, siendo una de las fibras más resistentes y que no sufren deterioro el por agua salada.

Se estima que el área actual de los cultivos en Costa Rica es de aproximadamente 500 has y solamente la empresa Glatfelter, líder mundial en fibras, requiere al menos 2000 has de abacá para la exportación de la fibra a la planta procesadora en Filipinas. Si se logra que Costa Rica extienda su área de cultivos, es factible la instalación de una planta de procesamiento primario y las exportaciones se harían de fibra procesada hacia Alemania directamente. Por otra parte, la empresa está abierta a la exportación de otras fibras siempre y cuando el volumen sea rentable. Para el caso del abacá, no se cuenta con la información científica, pero la fibra de Costa Rica tiene propiedades superiores y diferentes a las de Ecuador y Filipinas, por lo que su uso está reservado para productos muy especializados. Además, se conoce que el rendimiento por unidad de área es superior en Costa Rica. Con respecto a las plantas ornamentales no se tienen estudios que permitan el uso de los residuos o las plantas de rechazo, para la extracción de las fibras y su posterior uso o transformación.

La problemática que justifica el proyecto propuesto por el TEC es la falta de conocimiento científico tecnológico sobre las características de la fibra de ornamentales y el abacá y los nuevos usos que permitan darle mayor valor agregado al producto de exportación y abrir nuevos emprendimientos a nivel nacional. Actualmente hay más de 100 pequeños productores de abacá de comunidades indígenas en baja Talamanca que requieren el acompañamiento técnico de este proyecto y más de 100 productores de ornamentales que requieren darle un mayor valor agregado a la producción.

Palabras clave: *Dracaena Fragans Massangeana, Yucca Elephantipes, Musa textilis, abaca, fibras naturales, biomaterial*

Abstract

Costa Rica has exported 1000 tonnes of ornamental or garden plants in 2016 and 2017, including the production from small and medium entrepreneurs, and cooperatives. Coopeindia R.L is one of these organizations. It has 116 members, and most of them are coffee farmers located in Palmares, San Ramón y Naranjo. Due to the international crisis in coffee prices and

diseases affecting its production, Coopeindia has become an important alternative for local farmers. The group has approached TEC with the interest of seeking other uses than the display of ornamental features for *Dracaena Fragans Massangeana* (*Dracaena*) and *Yucca Elephantipes* (spineless yucca or Itabo in Mesoamerican countries), considering the extraction of fibers once, they are characterized and tested for alternate uses. On the other hand, abaca (*Musa textiles*) also known as Manila hemp, produces a natural fiber that is extracted from the leaf stems surrounding the main stem. It is a native species from the Philippines, broadly distributed throughout the humid tropics. It is commonly used for special types of paper, and there are over 300 reported products around the world, from which tea bags and coffee filters are widely known. The abaca fiber is valuable because of its mechanic resistance, being one of the most durable and not suffering salty water damage. The current abaca cultivation area in Costa Rica is estimated in 500 ha, and the world leading German company called Glatfelter alone, would require at least 2000 ha to export fiber to their processing facility in the Philippines. If Costa Rica was to expand the abaca cultivated area, it is feasible to consider the installation of a primary-processing plant in the country, and fiber could be exported directly to Germany. Besides, the

company is willing to export other fibers, if the volume of production is profitable. Even when there is no scientific information, the Costa Rican fiber is known for differentiated and superior quality regarding the one from Ecuador and the Philippines; therefore, its use is reserved for specialized

products. The yield in Costa Rica is also superior. Currently, there are not available studies for the use of residues or rejected ornamental plants for fiber extraction and its potential use or transformation. This project proposal addresses the problem of the lack of scientific knowledge and technological know-how regarding the characteristics of ornamental and abaca fibers, as well as the new uses that would allow added value for these exported products, generating the opportunity of new entrepreneurships. There are over 100 small abaca farmers in indigenous regions of Baja Talamanca in Costa Rica, who require technical support from this project, and over 100 ornamental plants growers needing to add value to their production.

Keywords: *Dracaena Fragans Massangeana, Yucca Elephantipes, Musa textilis, abaca, natural fibers, biomaterial.*

PROYECTO 97: Ventanas inteligentes: Aplicaciones a la eficiencia energética en el diseño arquitectónico de fachadas

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Ingeniería de los Materiales

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Física

Participante Escuela de Química

Investigador Coordinador: Máster Natalia Murillo Quirós

Contacto: nmurillo@tec.ac.cr

Resumen

Las ventanas son elementos indispensables para modular la entrada de luz natural, necesaria para la salud, que regulan además el tránsito de radiación que define la temperatura interna de un recinto y, por lo tanto, el uso de aires acondicionados. Una ventana inteligente es un sistema capaz de modular sus propiedades ópticas y térmicas debido a un estímulo externo que permite modular el paso de la energía solar. En esta área entre los desarrollos más prometedores se encuentran las ventanas inteligentes termocrómicas, las cuales poseen un gran potencial de unir el diseño arquitectónico y la necesidad de reducir nuestra huella de carbono. Una de las limitantes actuales de las ventanas inteligentes termocrómicas es su coloración, que varía de marrón-transparente a azul-opaco al ser calentadas. De esta manera, el desafío es poder mantener un sistema termocrómico energéticamente estable y barato, que al mismo tiempo se produzca en diferentes colores que permitan incorporarlas al diseño arquitectónico de fachadas. La posibilidad de incorporar en esta propuesta un punto de vista estético basado en el color impulsaría su uso como una opción en el diseño como un vitral/ventana inteligente, para esto se propone el uso de cristales líquidos termotrópicos. Los más recientes avances en ventanas

inteligentes apuntan al uso de dióxido de vanadio cuya característica es poseer una temperatura crítica a los 68°C donde presenta una transición semiconductor-metal en la que aumenta la reflexión en el rango infrarrojo del espectro solar, con lo que se evita el calentamiento interno del edificio, y a la vez se deja prácticamente inalterado el paso de la parte visible del espectro solar. Con el fin de sintetizar compuestos cuya temperatura de transición se encuentre en un rango cercano al ambiente, se introducen diferentes porcentajes de dopajes con tungsteno en el rango entre 0.05 a 2 % en peso. En este proyecto se propone diseñar una ventana termocrómica que combine el óxido de vanadio dopado con tungsteno y cristales líquidos en una matriz polimérica. Esta mezcla se puede laminar o utilizar como recubrimiento en substratos de vidrio generando diferentes aspectos visuales que en conjunto con la capacidad de auto regulación del dióxido de vanadio ofrece un gran potencial en el diseño arquitectónico de la mano con la reducción del consumo energético en edificios.

Palabras clave: *ventanas inteligentes, termocromismo, dióxido de vanadio, cristal líquido*

Abstract

Windows are indispensable elements for the regulation of natural light in buildings, necessary for occupational health, which also controls the radiation flow that determine the internal temperature of a room, therefore, the utilization of air conditioners. A smart window is a system that modulates its optical and thermal properties through an external stimulus to regulate the passage of solar energy. Among the most promising developments are the thermochromic windows, which have a great potential to combine the architectural design with the reduction of the carbon footprint. One of their technological limitations is their color, which varies from brown-transparent to blue-opaque when heated. The challenge is then to maintain an energy-stable and inexpensive thermochromic system, while producing different colors that allow incorporating them into the façades design. Incorporating an aesthetic point of view based on architectural design would promote its use as color stained glass / smart window system. Smart windows based on nanoparticles of Tungsten doped Vanadium dioxide, which typically exhibits a semiconductor metal transition at critical temperature lower than 68 ° C. At such transition it increases the reflection in the infrared range of the solar spectrum, preventing warming

internal of the building without sacrificing its illumination. In order to bring the transition temperature closer to the room temperature, tungsten doping levels between 0.05 to 2% in weight are required. We propose a thermochromic window that combines tungsten doped vanadium oxide with and liquid crystals in a polymeric matrix. This mixture can be laminated or used as a coating on glass substrates, which generates different colors that together with the self-regulating capacity of vanadium-based dioxides, offers great potential for the architectural design and the reduction of energy consumption in buildings.

Keywords: *Smart Windows, thermochromics, vanadium dioxide, liquid crystal.*

PROYECTO 98: Estudios de turbulencia y transporte en el plasma ECRH del Stellarator SCR-1

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Ciencias Físicas

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Física

Participante Escuela de Ingeniería Electrónica

Investigador Coordinador: Dr. Iván Vargas Blanco

Contacto: ivargas@tec.ac.cr

Resumen

En esta nueva fase de desarrollo aplicado del Stellarator SCR-1, se continua con la caracterización y optimización del dispositivo de confinamiento magnético y el plasma producido. Se plantea la profundización en el estudio del comportamiento de la turbulencia y el transporte en el borde del plasma confinado, así como el análisis de la interacción de campos eléctricos radiales producidos externamente y su relación con estos modos turbulentos. Se contrastarán estos resultados con los obtenidos recientemente en el Stellarator TJ-II. Además, se propone desarrollar un sistema de conversión de energía para regular la corriente eléctrica en las bobinas del SCR-1 y adicionalmente se propone implementar una antena para el sistema de calentamiento que permita optimizar la deposición de energía en el plasma

Palabras clave: Stellarator; turbulencia, transporte, ECRH

Abstract

In this new phase of applied development of the SCR-1 stellarator, in order to continue with the characterization and optimization of the magnetic confinement device and the plasma of SCR-1, this work studies the behavior of turbulence flows and their particles transport in the edge of the confined plasma, as well as the analysis of the externally produced radial electric field interaction and its relationship with these turbulent modes to contrast with the recent results, obtained at the TJ-II stellarator. In addition, it is proposed to develop an energy conversion system to regulate the electric current in the coils of the SCR1 and additionally it is proposed to implement an antenna for the heating system that optimizes the deposition of energy in the plasma.

Keywords: *Stellarator, turbulence, transport, ECRH.*

PROYECTO 99: Personalidad de los directivos y su influencia en el desarrollo y éxito de las PYMES exportadoras de Costa Rica: análisis cross-cultural Costa Rica – España”

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias Sociales

Sub área: Economía y Negocios

Escuelas participantes:

Proponente Administración de Empresas

Participante Escuela de Matemática

Investigador Coordinador: Dr. José Martínez Villavicencio

Correo: jomartinez@tec.ac.cr

Resumen

El conocimiento, perfeccionamiento de habilidades, competencias y destrezas de los directivos de las empresas, es un tema de suma relevancia para afrontar con éxito los retos en la internacionalización de las PYMES. Brindar información a las PYMES que enriquezca su conocimiento para su proceso de internacionalización y mejora de la competitividad, es parte de una estrategia importante para el desarrollo económico y una alternativa para su crecimiento y competitividad (Castro-González, 2016).

Esta investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la personalidad de los directivos de empresas en los resultados de desempeño de las PYMES exportadoras de Costa Rica, analizando su comportamiento desde sus rasgos y valores, mediante una investigación mixta, para contribuir con la reactivación económica y el mejoramiento de la competitividad internacional, analizando también su comportamiento con relación a las empresas españolas.

Este estudio pretende realizar un análisis cross-cultural con los resultados del estudio Rondan-Cataluña et al. (2016), realizado en España, en el cuál se utiliza como escala de medida de los valores el modelo de Schwartz (1992). Para el desarrollo de la

metodología, se plantea primero clasificar las empresas de acuerdo con su desempeño exportador en alto y bajo, según la clasificación brindada por la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). Posteriormente, se aplicará a las PYMES costarricenses el instrumento de Rondan-Cataluña et al. (2016), relacionado con la personalidad de los directivos, para obtención de datos. Consecuentemente, con los datos obtenidos, se identificarán las características de la personalidad de los directivos de las PYMES exportadoras de acuerdo con la escala de valores de Schwartz, para luego, determinar la personalidad de los directivos de PYMES exportadoras con mayor y menor desempeño exportador. Para el análisis de los datos se utilizará el software SPSS. El estudio será mixto, ya que también se propone realizar un estudio cualitativo para examinar la percepción de los entrevistados sobre los hallazgos de la influencia de la personalidad de los directivos en su desempeño exportador, utilizando el software ATLAS.ti para organizar y delimitar e interpretar los datos obtenidos. Finalmente, se plantea comparar los resultados obtenidos con la información proveniente de empresas españolas.

La investigación se enmarca en las líneas de investigación del CIADEG de emprendimiento e innovación y, además, alineado

con la visión institucional del TEC dentro del eje de conocimiento estratégico

industria, el cual permite la vinculación de los sectores de la economía con el eje transversal de emprendedurismo e innovación, ofreciendo soluciones integrales a la comunidad nacional e internacional. Además, esta investigación pretende que los resultados contribuyan a la adecuación de los directivos y gestión empresarial a la nueva realidad económica, a través de estrategias y medidas que estimulen la actividad internacional, el emprendedurismo e inversión.

El problema a resolver es de interés nacional e internacional, por cuanto ofrecerá un estudio comparativo entre España y Costa Rica enriqueciendo el conocimiento sobre el proceso de internacionalización de las PYMES y la caracterización de los directivos o encargados y fomentar y apoyar las políticas relacionadas con estos sectores. Como parte de los resultados de la investigación, se espera entregar a PROCOMER, actores de generación de política pública, el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) y las empresas involucradas un perfil de los directivos de PYMES exportadoras que han sido exitosas que funcione como guía a la hora de contratar o asignar el personal para realizar dicha función. Adicionalmente,

esta investigación se pretende presentar en ponencias en eventos internacionales como el Congreso Latinoamericano de Escuelas de Administración (CLADEA) y la Asociación Latinoamericana de Facultades de Escuelas de Contaduría y Administración (ALAFEC) y publicarse en una revista internacional de alto impacto, se proponen Revista Escuela de Administración de Negocios y Revista de Administração de Empresas.

Palabras clave: *Éxito exportador, PYMES, escala de valores de Schwartz, internacionalización*

Abstract

The knowledge, improvement of skills, competencies, and skills of the companies' managers is a highly relevant issue to face the challenges of internationalization of SMEs successfully. Providing information to SMEs that enrich their knowledge for their internationalization process and improve competitiveness is an important strategy for economic development and an alternative for its growth and competitiveness (Castro-González, 2016).

This research aims to determine the influence of the personality of companies' managers on the performance results of exporting SMEs in Costa Rica, analyzing their behavior from their traits and values through a mixed-method investigation, all to contribute to the economic reactivation and the improvement of international competitiveness, and finally analyzing its behavior comparing to Spanish companies.

This study aims to carry out a cross-cultural analysis with the results of the study of Rodán-Cataluña et al. (2016), conducted in Spain, in which the Schwartz (1992) model is used as a scale for measuring values. Regarding methodology, first, we will classify the companies according to their export performance in high and low, according to the classification provided by the Costa Rican Foreign Trade Promoter (PROCOMER). Subsequently, to obtain data, we will apply the instrument of Rodán-Cataluña et al. (2016), which is about the manager's personality. This data will be used to identify the personality

characteristics of the executives of exporting SMEs according to the Schwartz scale of values and then determine the personality of the exporting SMEs executives with higher and lower export performance.

For data analysis, we will use SPSS software. The study will be a mixed-method investigation. It is proposed to conduct a qualitative study to examine the interviewees' perception about the influence of the manager's personality in their export performance. We will use ATLAS.ti software to organize and delimit and interpret the data. Finally, it is proposed to compare the results obtained with the information from Spanish companies.

The research is framed within the CIADEG research lines of Entrepreneurship and Innovation and aligned with ITCR institutional vision within the axis of strategic knowledge of Industry, which allows the linkage of the sectors of the economy with the transversal axis of Entrepreneurship and Innovation, offering comprehensive solutions to the national and international community. In addition, the results of this

research intend to contribute to the adaptation of managers and business management to the new economic reality through strategies and measures that stimulate international activity, entrepreneurship, and investment.

The problem to be solved is of national and international interest. It will offer a comparative study between Spain and Costa Rica, enriching the knowledge about the

internationalization process of SMEs, the characterization of managers, and promote and support policies related to these sectors. As part of the research results, it is expected to deliver to the Costa Rican Foreign Trade Promoter (PROCOMER), actors of generation of public policy, the Ministry of Economy, Industry, and Commerce (MEIC), and the companies involved, a document with an analysis and a profile of successful SME directives that serve as a guide for hiring or assigning staff to perform this function. Additionally, this research will be presented at events such as the Latin American Congress of Schools of Administration (CLADEA) and the Latin American Association of Schools of Accounting and Administration (ALAFEC). It will also be published in an international journal of high impacts, such as School of Administration of Business Magazine and Administração de Empresas Magazine.

Key words: *Exporting success, SMEs, export entrepreneurship, internationalization.*

PROYECTO 100: Revalorización de la broza del café como material adsorbente alternativo al carbón activado en la remoción del bromacil de fuentes agua.

Periodo de ejecución:

Del 05 de febrero del 2021 al 15 de setiembre del 2023

Área: Ambiente y Agua

Sub área: Economía Circular

Área: Tecnologías Convergentes

Sub área: Nuevos Materiales

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Química

Investigador Coordinador: Dr. Luis Guillermo Romero

Contacto: lromero@tec.ac.cr

Resumen

El proyecto está dirigido a contribuir al desarrollo nacional de materiales avanzados que aporten, en primera instancia a la resolución de una grave problemática ambiental y sobre la salud de la población, causado por la presencia del agrotóxico bromacil en el agua de las zonas adyacentes a la actividad agrícola piñera en Costa Rica. Lo anterior, aunado a la gestión y valorización de residuos que pretende el proyecto, al utilizar la broza de café (residuo luego de la preparación de la bebida), que constituye en sí otro problema de contaminación ambiental. Por tal razón, se pretende utilizar este residuo como material de partida para la elaboración de nuevos materiales adsorbentes, contribuyendo así a la economía circular y a la resolución de importantes retos del país como lo son el manejo sostenible del recurso hídrico y de los desechos sólidos. En este contexto, la producción agrícola, una importante fuente de empleo y beneficios económicos para el país, es responsable en la generación de residuos sólidos y de la contaminación directa e indirecta de fuentes de agua. La principal problemática de la actividad piñera es la contaminación de mantos acuíferos con bromacil. Por su parte, la producción cafetalera es generadora de residuos sólidos, cuya disposición en vertederos no impide que sus lixiviados contaminen fuentes de agua con sustancias

consideradas citotóxicos para organismos acuáticos, como la cafeína y polifenoles. Sin embargo, en comparación con otras fuentes de biomasa, la broza del café, al ser parcialmente pirolizada en su producción, cuenta con la ventaja de poseer gran área superficial, actividad quelante y presencia de grupos polihidroxipolifenol, lo que ha despertado el interés como material adsorbente de bajo costo, en la remoción de contaminantes de agua. Contrariamente, el carbón activado, si bien es efectivo, es un material de importado y de alto costo. En este sentido, la remoción de bromacil de fuentes de agua utilizando materiales de bajo costo representa un aporte importante para el país, pues las zonas afectadas son rurales y en muchos casos abastecidas por ASADAS con bajo presupuesto y conocimiento técnico. Considerando las características de la molécula de bromacil (sustancia con un grupo básico), la broza de café sin tratamiento es prometedora pues ha sido estudiada para la remoción de colorantes básicos como la rodamina y el azul de metileno, también, activándola con ácido sulfúrico y una opción no explorada es modificando su superficie aplicando plasma a temperatura ambiente. La técnica del plasma resulta ambientalmente amigable ya que es un proceso de bajo consumo energético, de agua y mínimo daño al material. En la literatura, existen reportes aplicándola a

bentonita para mejorar la adsorción de azul de metileno; así como de otros materiales derivados de biomasa en la remoción de otros contaminantes. Dado lo anterior la adsorción de bromacil sobre de broza de café, sin tratamiento o con modificaciones de superficie se vislumbra prometedora y aún no ha sido reportada. Adicionalmente, en la broza del café residual pueden existir una serie de compuestos químicos bioactivos. Por ende, el proyecto propone, como se desarrolla en la sección metodológica, tratar la broza de café extrayendo y caracterizando los residuos solubles en agua considerados valiosos por sus propiedades bioactivas. Posteriormente, los sólidos obtenidos serán funcionalizados mediante tratamientos que incluyen el uso de tecnologías convergentes, los cuales serán caracterizados y evaluados en cuanto a su capacidad de adsorción. El logro de los resultados y productos del proyecto es asegurado con base en el conocimiento y experiencia del grupo de trabajo, la sinergia previa del mismo en proyectos a nivel nacional e internacional, así como la complementariedad de los investigadores; donde la coordinadora del proyecto posee amplia experiencia en el desarrollo y caracterización de nuevos materiales orgánicos, fundamental para el proyecto, junto con la vasta experiencia de los investigadores asociados, en los otros aspectos del mismo, que incluyen biorrefinería,

remoción de contaminantes de fuentes de agua; caracterización, análisis de bioactividad de polifenoles y taninos, así como la aplicación de tecnología del plasma en el desarrollo de nuevos materiales. Por último, cabe remarcar que estos materiales innovadores, diferenciados, de alta calidad, producto de este proyecto podría ser objeto de transferencia tecnológica. Dentro de los nichos interesados en estos productos se puede mencionar empresas suplidoras de insumos para el tratamiento de agua y prestadoras de servicio de agua potable como AyA y ASADAS. Además, los posibles productos con propiedades bioactivas podrán ser objeto de comercialización, tanto por empresas productoras de café, como por empresas especializadas en el mercado de productos naturales. En ambos productos principales de la investigación, el Departamento de Industrialización del ICAFE y la Cámara de Tostadores de Café de Costa Rica también presentan interés, pues hay pocos esfuerzos para la valoración del café post consumo. Por tanto, se podría dar una serie encadenamientos de mayor valor agregado, contribuyendo de esta manera en el ámbito social y económico. Por tal razón, la propuesta incluye un objetivo dos actividades para mostrar los resultados: una para los actores interesados en el tratamiento de aguas y otra

para pequeñas y medianas empresas dedicadas a la producción y comercialización de productos naturales.

PROYECTO 101: Elaboración de un índice de calidad para el monitoreo de los ríos en Guatemala que apoyen programas de gestión ambiental

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Ciencias de la Tierra y del Ambiente

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Química

Investigador Coordinador: Dr. Guillermo Calvo Brenes

Contacto: gcalvo@tec.ac.cr

Resumen

Los mares de América Latina son de gran riqueza, debido a condiciones oceanográficas en las que las corrientes tropicales se mezclan con aguas antárticas y subantárticas. Sin embargo, la contaminación que drenan los ríos hacia los mares, los crecientes asentamientos humanos alrededor de la costa, la sobrepesca y una creciente actividad agrícola, limitan los beneficios ecosistémicos. Aunque las fuentes de contaminación son de naturaleza local, estas adquieren dimensiones transnacionales al llegar a los mares y traspasan las fronteras a causa de las corrientes marinas que transportan material de un país a otro, por lo que el tema de contaminación debe ser abordado por varios países en conjunto. La mayoría de los países comparten costas con ecosistemas y recursos compartidos y la región centroamericana no es la excepción. Guatemala es el país más poblado de Centroamérica con 17 millones, la actividad agrícola en esa zona viene creciendo, principalmente con monocultivos que demandan una gran cantidad de agua. Las densidades poblacionales altas y un uso agrícola intensivo del suelo tienen impactos negativos en el ambiente. Además, Guatemala no tiene un reglamento de calidad de agua que permita el monitoreo de la calidad de sus ríos y su efecto sobre los océanos que apoyen programas de

gestión ambiental. Investigadores del ITCR han llevado a cabo monitoreos a lo largo del país evaluando la calidad de las aguas. También se han evaluado una serie de índices de calidad del agua (ICAs) y se han desarrollado nuevos ICAs. Además, se han evaluado una serie de indicadores de calidad fisicoquímicos y microbiológicos. Por medio de métodos estadísticos se han determinado cuales indicadores de calidad evalúan mejor la calidad de las aguas. Esta experiencia desarrollada en el pasado es importante compartirla con otros países con el fin de establecer nexos de colaboración regional que mejoren la calidad de sus ríos, y por ende, repercutan en una mejor calidad de nuestras aguas marinas regionales, que tienen una importante repercusión en temas económicos, relacionados con el turismo y la pesca, la seguridad alimentaria, aspectos sociales y ambientales. La normativa que utilice cada país debe ser aquella que se adapte mejor a las condiciones ambientales propias y los índices que se utilicen deben ser desarrollados de acuerdo con la normativa específica de cada país de la región por lo que el objetivo del proyecto es desarrollar un índice de calidad que sea veraz para evaluar la calidad de las aguas de los ríos y que contemple la realidad ambiental de Guatemala.

Palabras clave: *Contaminación de ríos, Índices, indicadores de calidad del agua*

Abstract

The seas of Latin America are of great wealth, due to oceanographic conditions in which tropical currents mix with Antarctic and sub-Antarctic waters. However, the pollution that drains the rivers to the seas, the growing human settlements around the coast, overfishing and growing agricultural activity, limit the ecosystem benefits. Although the sources of pollution are of a local nature, they acquire transnational dimensions when they reach the seas and cross the borders because of the sea currents that transport material from one country to another, so the issue of contamination must be addressed by several countries as a whole. Most countries share coasts with shared ecosystems and resources and the Central American region is no exception. Guatemala is the most populous country in Central America with 17 million, agricultural activity in that area has been growing, mainly with single-crop farming that demand a large amount of water. High population densities and intensive agricultural land use have negative impacts on the environment.

In addition, Guatemala does not have a water quality regulation that allows monitoring of the quality of its rivers and their effect on the oceans that support environmental management programs. ITCR researchers have carried out monitoring throughout the country evaluating water quality. A series of water quality indices (ICAs) have also been evaluated and new ICAs developed. In addition, a series of physicochemical and microbiological quality indicators have been evaluated. Through statistical methods it has been determined which quality indicators best assess water quality. This experience developed in the past is important to share with other countries in order to establish links of regional collaboration that improve the quality of their rivers, and therefore, have a better quality of our regional marine waters, which have an important impact on economic issues, related to tourism and fisheries, food security, social and environmental aspects. The regulations used by each country must be the one that best adapts to the own environmental conditions and the indices used must be developed in accordance with the specific regulations of each country in the region, so the objective of the project is to develop an index of quality that is truthful to evaluate the quality of river waters and that contemplates the environmental reality of Guatemala.

Keywords: *Contamination of rivers, indexes, water quality indicators*

PROYECTO 102: Desarrollo de sistema para evaluación biomecánica de implantes para prótesis óseo-integradas en modelos mímicos de hueso impresos en 3D

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Ingeniería de los Materiales

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

Participante Escuela de Biología

Participante Escuela de Diseño Industrial

Investigador Coordinador: Dr. Teodolito Guillén Girón

Contacto: tguillen@tec.ac.cr

Resumen

La investigación y desarrollo de prótesis en miembros inferiores se ha caracterizado por la implementación de materiales con una alta resistencia mecánica - funcional, sin embargo, permiten una configuración y personalización limitada debido a los procesos convencionales de fabricación. Uno de los componentes que tiene impactos significativos en la adaptación e implementación de prótesis es el socket, el cual permite el contacto entre el miembro residual y la prótesis, además de ser el medio de acople de la prótesis, este componente debe ser altamente personalizado y está sujeto a factores de uso que dificultan un correcto ajuste tales como su complejidad geométrica, cambios de volumen del miembro residual, biomecánica, sudoración. Estos factores tienen efectos significativos en los pacientes, los cuales pueden ser completamente incapaces de usar prótesis de socket, o deciden no usarla debido a los problemas asociados tales como irritación de piel, úlceras, dolor, problemas de marcha, entre otros. Recientemente los problemas de socket han logrado ser reducidos mediante la implementación de prótesis oseointegradas, las cuales reemplazan el socket por un implante metálico que es acoplado directamente en el hueso del miembro residual. La osteointegración se define como "el

enlace estructural realizado en el punto de contacto donde se encuentran el hueso humano y la superficie de un implante sintético". La presente propuesta se centra en el desarrollo de sistemas para implementar implantes metálicos oseointegrados impresos en 3D, los cuales permitan, mediante la aplicación de tecnologías CAD-CAM-CAE, una correcta personalización, ajuste de los implantes y posibilidades de ampliar los campos de aplicación de estos dispositivos médicos.

Palabras clave: *Prótesis, osseointegración, implantes metálicos, manufactura aditiva, caracterización mecánica, ensayos mecánicos*

Abstract

Research and development of prosthesis in inferior members has been characterized by the implementation of materials with a high mechanical - functional resistance, however, they allow a limited configuration and personalization due to the conventional manufacturing processes. One of the components that has significant impacts on the adaptation and implementation of prosthesis is the socket, which allows contact

between the residual limb and the prosthesis, as well as being the means of coupling the prosthesis, this component must be highly personalized and it is subject to factors of use that hinder correct adjustment such as geometric complexity, volume changes of the residual limb, biomechanics, sweating. These factors have significant effects on patients, who may be completely unable to use socket prostheses, or decide not to use it due to associated problems such as skin irritation, ulcers, pain, gait problems, among others. Recently, socket problems have been reduced by the implementation of osseointegrated prostheses, which replace the socket with a metallic implant that is directly coupled to the bone of the residual limb. Osseointegration is defined as "the structural bond made at the point of contact where the human bone and the surface of a synthetic implant are located". The present proposal focuses on the development of systems to implement osseointegrated metal implants printed in 3D, which allow, through the application of CAD-CAM-CAE technologies, a correct personalization, adjustment of the implants and possibilities of expanding the fields of application of these medical devices.

Keywords: *Prosthesis, osseointegration, metal implants, additive manufacturing, mechanical characterization, mechanical tests.*

PROYECTO 103: Desarrollo de un sistema PCT (presión-composición-temperatura) para medir la capacidad de almacenamiento de hidrógeno en intermetálicos nanoestructurados de TiFe producidos por torsión de alta presión (HPT)

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Ingeniería de los Materiales

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

Investigador Coordinador: Dr. Jorge Cubero Sesín

Contacto: jcubero@tec.ac.cr

Resumen

En esta propuesta, se plantea el desarrollo de un sistema PCT (presión-composición-temperatura) que permita realizar mediciones de la capacidad de almacenamiento de hidrógeno, particularmente, en materiales de compuestos intermetálicos nanocristalinos sintetizados por medio de deformación plástica severa (SPD, por sus siglas en inglés). Estos materiales podrían representar un aporte importante para una economía basada en hidrógeno como fuente de energía. Se plantea usar SPD para estabilizar fases metaestables de estos materiales en condiciones ambientales, ya que compuestos de Ti-Fe dopados de otros elementos se pueden modificar a nivel microestructural por medio de SPD y obtener resultados beneficiosos en el almacenamiento de hidrógeno en estado sólido, mediante la formación de hidruros metálicos estables con altas densidades volumétricas de hidrógeno absorbidas, gracias a un incremento en la cantidad de fronteras de grano y vacancias en el compuesto nanocristalino producido por SPD. El objetivo de este proyecto es desarrollar las capacidades para evaluar la capacidad de almacenamiento en estado sólido del hidrógeno en la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Para este propósito se pretende construir un instrumento que permita medir la capacidad de almacenamiento de hidrógeno utilizando

los intermetálicos preparados en el proyecto VIE que precede, y es primera fase, de esta propuesta. Este instrumento permitiría iterar sobre la composición química y estructura de nuevos materiales nanoestructurados con altas capacidades de almacenamiento de hidrógeno., así como las propiedades de hidrogenación / deshidrogenación de los intermetálicos. De manera que, el desarrollo de técnicas para la evaluación de las propiedades de actividad del hidrógeno, provee un campo de investigación de gran potencial alineado con el eje estratégico de investigación institucional en energía.

Palabras clave: *óxidos, intermetálicos nanocristalinos, fotocatalisis, almacenamiento de hidrógeno, deformación plástica severa*

Abstract

In this proposal, the development of a PCT (pressure-composition- temperature) system that allows measurements of hydrogen storage capacity is laid out, particularly in composite nanocrystalline intermetallic materials synthesized by severe plastic deformation (SPD). These materials could represent an

important contribution to an economy based on hydrogen as energy source. The use of SPD to stabilize metastable phases of these materials in environmental conditions is possible, since Ti-Fe compounds doped with other elements can modify their structure at the microstructural level. This results in improved storage capacity of hydrogen in solid state, through the formation of stable metal hydrides with high volumetric densities of absorbed hydrogen, thanks to an increase in the amount of grain boundaries and vacancies produced by SPD. The objective of this project is to develop capabilities to assess the amount of storage of hydrogen in solid state, in the School of Materials Science and Engineering. For this purpose, it is intended to build an instrument that allows measurement of hydrogen storage capacity using the intermetallic compounds prepared in a previous VIE project, which is the first phase of this proposal. This instrument would make it possible to iterate over the chemical composition and structure of new

nanostructured materials with high hydrogen storage capacities, as well as the evaluation of hydrogenation / dehydrogenation properties of the intermetallics. The development of techniques for the evaluation of hydrogen activity provides a research field of great potential, aligned with the strategic area of institutional research in energy.

Keywords: *oxides, nanocrystalline intermetallics, photocatalysis, hydrogen storage, severe plastic deformation.*

PROYECTO 104: NanoBiofertilizantes: Uso de arcillas en la preparación de Emulsiones de Pickering para formulados agrícolas a partir de biomasa microalgal de Arthrospira máxima

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Biotecnología Ambiental

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: MSc. Maritza Guerrero Barrantes

Contacto: mguerrero@tec.ac.cr

Resumen

La agricultura tiene una gran importancia en la economía de nuestro país debido a su contribución en la producción interna y en la generación de empleos, siendo este, el sector responsable de la seguridad alimentaria de muchos países. En los últimos años, se ha visto afectada por la reducción de las áreas agrícolas, el cambio climático y el aumento en la población. Para suplir estas demandas, se ha tenido que implementar técnicas que permitan aumentar los rendimientos de los cultivos por área productiva y esto se ha logrado por medio del uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, uso de moléculas de origen sintéticos para el control de plagas y generación de variedades de plantas más productivas, entre otros. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes sintéticos permitió aumentar la productividad de alimentos, ocasionado grandes daños ambientales en muchas regiones del mundo. En nuestro país, se reportan valores de consumo de fertilizantes de hasta 980 kg/ha productiva, cifra que supera a los datos reportados para el resto de países latinoamericanos y europeos. Costa Rica por muchos años se ha reconocido como un país altamente productor de piña donde genera alrededor de ¢65.000 millones de colones a nivel nacional, se estima que produce 48.000 empleos directos e indirectos y el salario

promedio de los trabajadores es un 6% mayor que el salario mínimo de ley. Así mismo, este cultivo se convierte en una actividad de alto impacto social, económico y ambiental. Razón por la cual, los productores resaltan el impacto positivo del cultivo y los grupos ambientalistas enfatizan los aspectos negativos. Esta propuesta planteada pretende solventar la limitada cantidad de investigación y desarrollo de formulaciones de emulsiones de biofertilizantes estabilizadas con arcillas, así mismo, el efecto que tendría en el mejoramiento de las condiciones microbianas del suelo. La combinación de biomasa microalgales y arcillas costarricenses en la formulación de un nanobiofertilizante pretende generar un prototipo de producto que además de dar un aporte nutricional a los cultivos por medio del contenido de aminoácidos, fitohormonas, materia orgánica, macro y micronutrientes, también cuenta con los beneficios que aportarían las arcillas. Una vez establecido un prototipo de formulación de nanobiofertilizante, se realizarán pruebas en parcelas experimentales con plantas de piña. A pesar de que, se cuenta en el mercado con diferentes insumos agrícolas con nuevas tecnologías que permiten aumentar los rendimientos de los cultivos, en la actualidad no se dispone de un producto a base de microalgas de tecnología nacional, que además de contribuir

con las mejoras en los rendimientos agrícola, contemple reducir la huella de carbono, disminuir el efecto de los pesticidas y contribuya a restablecer las comunidades microbianas del suelo.

Palabras clave: *Microalgae, nanofertilizante, nanoemulsión, recuperación de suelos, abono orgánico*

Abstract

Agriculture has a great importance in the economy of our country due to its contribution in the internal production and in the generation of jobs, being this, the sector responsible for the food security of many countries. In recent years, it has been affected by the reduction of agricultural areas, climate change and the increase in population. To meet these demands, it has been necessary to implement techniques to increase crop yields by productive area and this has been achieved through the use of synthetic nitrogen fertilizers, use of synthetic origin molecules for the control of pests and generation of more productive plant varieties, among others. However, the excessive use of synthetic fertilizers allowed to increase food productivity,

causing great environmental damage in many regions of the world. In our country, values of fertilizer consumption are of up to 980 kg / ha of productive land are reported, a figure that exceeds the data reported for the rest of Latin American and European countries. Costa Rica for many years has been recognized as a highly pineapple producing country where it generates around ₡ 65,000 million colones at the national level, it is estimated that it produces 48,000 direct and indirect jobs and the average salary of workers is 6% higher than the minimum wage of law. Likewise, this crop becomes an activity with a high social and economic impact, and environment impact. Reason why, the producers emphasize the positive impact of the crop and the environmental groups emphasize the negative aspects. This proposal aims to solve the lack of research and development of emulsion formulations of biofertilizers, likewise, the effect it would have on the improvement of microbial soil conditions is not known. The combination of microalgal biomasses and Costa Rican clays in the formulation of a nanobiofertilizer aims to generate a product prototype that, in addition to giving a nutritional contribution to crops through the content of amino acids, phytohormones, organic matter, macro and micronutrients, also has the benefits that the clays would bring. Once a prototype formulation of

nanobiofertilizer has been established, tests will be carried out on experimental plots with pineapple plants. In spite of the fact that there are different agricultural inputs in the market with new technologies that allow increasing crop yields, at present there is not a national technology product, which in addition to contributing to improvements in agricultural yields, would aim to reduce the carbon footprint, reducing the effect of pesticides and contributing to the restoration of microbial communities in the soil.

Keywords: *Microalgae, nanofertilizer, nanoemulsion, soil recovery, organic fertilizer, pineapple*

PROYECTO 105: Caracterización de actividad lipasa endógena de especies de microalgas y desarrollo de transesterificación in situ para la producción de ésteres etílicos de ácidos grasos, como materia prima para biocombustibles

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Biotecnología Ambiental

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Investigador Coordinador: M.Sc. Maritza Guerrero Barrantes

Contacto: mbarrantes@tec.ac.cr

Resumen

Las microalgas son una de las fuentes de biocombustibles renovables con alto potencial para los próximos años, debido a sus características favorables respecto a otros cultivos bioenergéticos. Sin embargo, aún se debe generar los conocimientos, las técnicas y la industrialización relacionadas, para reducir el impacto ambiental y el alto costo de la producción convencional de los biocombustibles a partir del aceite microalgal. El objetivo de este estudio es desarrollar un proceso de transesterificación por actividad lipasa endógena de microalgales silvestres de Costa Rica, para la producción de un precursor de biocombustibles alternativos. Las lipasas son enzimas naturales en las microalgas que permitirán realizar la transesterificación de los lípidos en la biomasa húmeda, reduciendo costos de secado y extracción del lípido, además prescinde de catalizadores para la producción de la materia prima para biocombustible (esteres metílicos de ácidos grasos o FAEE) pues las mismas enzimas de la biomasa pueden conducir esta reacción con altos rendimientos de hasta 80%. La primera etapa de proyecto es el estudio es encontrar una cepa de microalga con alta actividad lipasa y posteriormente inducirla a producir mayor cantidad de lípidos mediante modificación de las condiciones de crecimiento. Los aceites producidos por el

alga posteriormente serán transformados en precursores de biocombustibles por medio de la transesterificación directa en la biomasa húmeda mediante la adición de etanol para generar los FAEE. Esta última fase conlleva el estudio de múltiples factores como temperatura, pH, concentración de reactivos, entre otros, para generar un proceso novedoso con la identificación de cepas y condiciones de reacción. Por medio de un abordaje transdisciplinario donde participan Químicos y Biotecnólogos, además de la reinscripción de la doctorando M. Eng Karla Meneses quien es especialista en procesos enzimáticos para conversión de aceites en FAEE, la colaboración de Hashem Bullion Company Pty Ltd, se avanzaría en la investigación en bioenergías para a futuro generar biocombustibles en nuestro país. Este proyecto se enmarca en los ejes transversales de "Energía e Industria" y es una primera fase para obtener a pequeña escala FAEE. A futuro, los procesos desarrollados podrán ser escalados permitiendo maximizar los rendimientos para aplicarse a proyectos de gran interés (nacional e internacional) posicionando al TEC como una institución innovadora en el ámbito de la "bioenergía alternativa".

Palabras clave: *Chlorella sp, Isochrysis galbana, aceites, FAEE, enzimas transferasas*

Abstract

Microalgae are one of the sources of renewable biofuels with high potential for the coming years, due to their favorable characteristics compared to other bioenergetic crops. However, the related knowledge, techniques and industrialization must still be generated to reduce the environmental impact and the high cost of conventional production of biofuels from microalgal oil. The main problems of oil processing are its high extraction costs and polluting and inefficient processes in the transesterification stage. The objective of this study is to develop a process of transesterification by endogenous lipase activity of wild microalgae of Costa Rica, for the production of alternative biofuels. Lipases are natural enzymes in the microalgae that will allow transesterification of the oil in the wet biomass, reducing costs of drying and oil extraction, as well as the lack of catalysts for the production of the raw material for biofuel (fatty acid methyl esters or FAEE) because the same biomass enzymes can conduct this reaction with high yields of up to 80%. The first stage of the project is the study of 3 microalgal strains to find a strain with high lipase activity and subsequently induce the selected microalgae to produce greater amounts of oils by modifying the growth conditions, these oils will later be

transformed into precursors of Biofuels through direct transesterification in wet biomass by adding ethanol to generate FAEE. This last phase involves the study of multiple factors such as temperature, pH, reagent concentration, among others, to generate a novel process with the identification of strains and reaction conditions. Through a transdisciplinary approach involving Chemists and Biotechnologists, in addition to the reintegration of the Ph.D. M. Eng Karla Meneses who is a specialist in enzymatic processes for oil conversion in FAEE, the collaboration of Hashem Bullion Company Pty Ltd, would advance in the Bioenergy research to generate biofuels in the future in our country. This project is part of the transversal axes of "Energy and Industry" and is a first phase to obtain a small-scale FAEE. In the future, the processes developed may be scaled up, allowing maximum yields to be applied to projects of great interest (national and international), positioning the TEC as an innovative institution in the field of "alternative bioenergy".

Keywords: *Chlorella sp*, *Isochrysis galbana*, oil, FAEE, transferase enzyme.

PROYECTO 106: Estudio del desplazamiento en suelo, virulencia y potencial biotecnológico de cepas de *listeria spp.* Aisladas en Costa Rica.

Periodo de ejecución:

Del 1 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2023

Escuelas participantes: Biología

Área: Biotecnología

Subárea: Biotecnología Industrial

Investigador: M.Sc. Olga Rivas Solano

Contacto: orivas@itcr.ac.cr

Resumen

Listeria monocytogenes es una bacteria que causa infecciones graves, tanto localizadas como generalizadas, en humanos, aves y en gran diversidad de mamíferos. En humanos se ha asociado a cuadros de septicemia, meningitis, encefalitis e infecciones intrauterinas que conducen a abortos espontáneos. A pesar de que se trata de un patógeno bien conocido, en la actualidad continúa cobrando cientos de vidas humanas alrededor del mundo, y en los últimos años ha habido gran preocupación por el aumento de casos de listeriosis.

En Costa Rica, por medio de proyectos anteriores, se logró descubrir una nueva especie del género *Listeria* denominada *L. costaricensis* y también se encontró la presencia *L. monocytogenes*. en una gran variedad de muestras de casos clínicos, alimentos, ambientes y suelos.

L. monocytogenes se adapta muy bien al medio ambiente, específicamente al suelo y la materia vegetal en descomposición, lo que le permite contaminar fácilmente alimentos crudos, procesados y/o elaborados con leche no pasteurizada. Incluso puede sobrevivir varias semanas en algunos alimentos congelados, facilitando el contagio a los humanos.

Esta investigación pretende establecer un modelo para visualizar la movilidad y el transporte de *L. monocytogenes* en suelos, para así comprender mejor sus procesos de colonización y sobrevivencia. Los resultados obtenidos permitirán generar insumos para aumentar la inocuidad alimentaria en cultivos tratados con enmiendas de suelos.

Por otro lado, actualmente en el país no existe información sobre los fenotipos de virulencia ni de resistencia a antibióticos que circulan, lo cual ha imposibilitado la implementación de una red de vigilancia epidemiológica para este patógeno de transmisión alimentaria. Tampoco hay información sobre el potencial biotecnológico de aislamientos autóctonos no patogénicos, los cuales podrían estar desempeñando un papel clave en la ecología microbiana de suelos en nuestro país. Por lo que, en esta investigación también se busca estudiar la presencia de genes de virulencia y genes de resistencia a antimicrobianos en las cepas patógenas de la colección del CIB, así como la presencia de genes asociados a rutas metabólicas de utilidad biotecnológica en las cepas no patógenas, como por ejemplo la nueva especie *L. costaricensis*.

Palabras clave: *Patógenos de transmisión alimentaria, colonización, patogenicidad, resistencia a antibióticos, potencial biotecnológico.*

PROYECTO 107: Formulación de un prototipo de uso tópico a partir de extractos de fresa (Fragaria x ananassa., variedad Festival) ricos en antocianinas

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias Médicas y de la Salud

Sub área: Biotecnología de la Salud

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Participante Escuela de Química

Investigador Coordinador: Ing. Karla Salas Arias

Contacto: ksalas@itcr.ac.cr

Resumen

La piel es el órgano que proporciona al cuerpo protección primaria contra el medio externo. Sin embargo, las características de impermeabilidad de este tejido limitan la absorción de sustancias en cantidades adecuadas, así como su penetración eficaz a través de las capas del tejido, lo cual dificulta la administración de muchos tratamientos para lesiones y enfermedades de la piel. En este sentido, los fitoquímicos antioxidantes representan una fuente alternativa para el desarrollo de productos tópicos con potencial bioactivo. Los frutos rojos, especialmente las bayas (fresas, moras, frambuesas), son de especial interés debido a que contienen antocianinas, pigmentos con alto potencial antioxidante y antiinflamatorio. En el caso de la fresa, numerosos estudios han demostrado sus beneficios para la salud humana; sin embargo, la mayoría de los estudios se enfocan en el fruto, de forma que el resto de la planta está subutilizada. Además, en otras frutas (mora y uva) se ha demostrado que puede existir mayor contenido de polifenoles en los tallos y en las hojas que en los frutos. La presente propuesta plantea analizar el perfil fitoquímico en hojas de plantas de fresa de la zona norte de Cartago y compararlo con plántulas de fresa cultivadas in vitro, con el fin de identificar las condiciones de cultivo óptimas para

elicitar mayor producción de antocianinas y aprovecharlas para formular un prototipo natural de uso tópico con potenciales aplicaciones biomédicas, cuya bioactividad se evaluará en modelos de piel in vitro.

Palabras clave: *antocianinas, antioxidantes, fresa, piel, fitoquímica, bioactividad.*

Abstract

Skin is the organ that provides primary protection to the body against the environment. However, skin impermeability limits the absorption and penetration of substances through the tissue layers in adequate quantities, making it difficult to treat skin lesions and diseases. Antioxidant phytochemicals represent an alternative source of new topic agents with bioactive potential. Red fruits, especially berries (strawberries, blackberries, raspberries), are of special interest due to their content in anthocyanin pigments, which have strong antioxidant and anti-inflammatory potential. Regarding strawberry, numerous studies have shown its benefits for human health; however, most studies have focused on studying strawberry fruit, while

the rest of the plant has been widely overlooked. Moreover, it has been shown that polyphenol content might be higher in plant leafs and stems than in the fruit (e.g. in blackberry and grapevine). The present proposal aims to examine the phytochemical profile of strawberry plant leafs from the northern zone of Cartago, and to compare it with strawberry seedlings grown in vitro. The objective is to identify the optimal growing conditions for eliciting greater anthocyanin production in the plants, and to use them to formulate a prototype topical formulation with potential biomedical applications, which will be evaluated in in vitro skin models.

Keywords: *anthocyanins, antioxidants, strawberry, skin, phytochemistry, bioactivity.*

PROYECTO 108: Evaluación de un sistema biológico eucariota (*Nicotiana tabacum*) para la producción de insulina humana recombinante, con miras al escalamiento en biorreactor

Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias médicas y de la salud

Sub área: Biotecnología de la Salud

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Participante Escuela de Agronomía

Investigador Coordinador: M.Sc. Monserat Jarquín Cordero

Contacto: mocordero@tec.ac.cr

Resumen

La insulina es una proteína de gran importancia para el buen desarrollo metabólico del ser humano, ya que transporta la glucosa al páncreas para ser metabolizada. Sin embargo, debido a problemas genéticos y de nutrición, existe un alto número de personas que su cuerpo no genera esta proteína, por lo cual desarrollan la enfermedad llamada diabetes, dicha enfermedad tiene un alto índice de pacientes y muertes a nivel mundial. Para generar medicamentos y terapias eficientes es necesario el establecimiento de plataformas de expresión que permitan generar la insulina de forma eficiente, escalable y segura. *Nicotiana tabacum* es un organismo eucariota que presenta un metabolismo óptimo para la expresión de proteínas recombinantes. Esto debido a su capacidad de realizar modificaciones post-transduccionales, escalabilidad y técnicas disponibles para su transformación genética. El presente estudio busca generar una plataforma utilizando dicha especie desde dos estrategias distintas (transformación genética nuclear y plastidal) que permita expresar, escalar y purificar insulina para evaluar su efectividad en células pancreáticas con deficiencia en insulina.

Palabras clave: *Insulina, Nicotiana tabacum, transformación genética, proteína recombinante, péptido señal, bioactividad.*

Keywords: *Proinsulin, Nicotiana tabacum, genetic transformation, recombinant protein, signal peptide, bioactivity.*

Abstract

Insulin is a protein of great importance for the good metabolic development of the human being, since it transports glucose to the pancreas to be metabolized. However, due to genetic and nutritional problems, there is a high number of people who do not produce this protein, which is why they develop the disease called diabetes, which is a high cause of patients and deaths worldwide. In order to generate efficient medicines and therapies, it is necessary to establish expression platforms to produce this protein in an efficient, scalable and safe way. *Nicotiana tabacum* is an eukaryotic organism that present an optimal metabolism for the expression of recombinant proteins. This is due to its ability to make post-transductional modifications, scalability and available techniques for its genetic transformation. The present study seeks to generate transformed tobacco cells using this specie from two different approach (plastid and nuclear transformation) that can express, scale and purify proinsulin to evaluate its biological activity in human cells.

PROYECTO 109: Biorrefinería de microalgas: Desarrollo de un proceso integral sostenible para la producción de compuestos bioactivos a base de microalgas para la agricultura, ganadería y acuicultura

Periodo de ejecución: 5 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2023

Área y Sub área:

Alimentos y Agricultura: Acuicultura y Maricultura

Ambiente y Agua: Economía Circular y Biodiversidad

Tecnologías Convergentes: Nuevos Materiales

Escuelas participantes:

Proponente Biología

Investigador Coordinador: Ing. Fabián Villalta Romero

Contacto: fvillalta@tec.ac.cr

Resumen

Por medio del cultivo de microalgas en residuos agroindustriales, tales como vacaza y cerdaza se producirán biomasa que será utilizada como materia prima para la obtención de compuestos bioactivos. Para ello se requiere implementar una serie de procesos unitarios para transformar la biomasa en diferentes productos finales tales como biogás, biofertilizantes, suplementos para alimentación animal y pigmentos. Se pretende poder mejorar los procesos de tratamiento de aguas residuales y recuperar algunos nutrientes como nitrógeno y fósforo para la obtención de biomasa ricas en proteínas, carbohidratos y pigmentos que por medio de un proceso de biorrefinería se pueden transformar en productos de alto valor dirigidos al sector agrícola, ganadero y acuícola. Esto permitirá encaminar los procesos productivos hacia una mejor Gestión y Valorización de las aguas residuales con base en los avances de la biotecnología microalgal. La implementación de esta propuesta al sector productivo mejorará la eficiencia y la gestión ambiental de los procesos productivos, a su vez se pretende impulsar la bioeconomía nacional, fomentando encadenamientos, nuevos productos a partir de la producción primaria, calidad, diferenciación y valor agregado.

PROYECTO 110: Desarrollo sostenible en acuicultura: Nutrición de alevines con nuevo suplemento microalgal rico en proteína

Periodo de ejecución:

Del 05 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2023

Área: Agricultura y Alimentos

Sub área: Acuicultura

Escuelas participantes:

Proponente Escuela de Biología

Participante Escuela de Administración de Empresas

Investigador Coordinador: M.Sc. Maritza Guerrero

Contacto: mguerrero@tec.ac.cr

Resumen

En Costa Rica el alimento para acuicultura es importado en su mayoría y comprende formulaciones a base de fitoplancton (microalgas como *Chlorella* sp, *Arthrospira*, *Tetraselmis* sp e *Isochrysis galbana*) y zooplancton, es decir, consorcios de microorganismos que complementan los requerimientos nutricionales de los peces en sus diferentes etapas de desarrollo, aportando a la carne de estos, contenidos nutricionales similares a la de un salmón. El presente proyecto pretende generar cultivos de microalgas en el ITCR para producir un alimento para acuicultura y suministrarlo en alevines de tilapia, para aumentar el contenido proteico respecto a las dietas actuales. El alimento será formulado e incorporando vivo o en polvo en un ensayo piloto, que definirá la presentación del producto. Los ensayos se realizarán en sistemas de producción industrial de tilapia en jaulas de 1 m³ con 200 alevines en un primer ensayo, y un segundo ensayo con 300 alevines, los cuales serán alimentados con una dieta que contenga un 40%, 50% y 60% de microalgas y el alimento convencional como testigo, en conjunto con la empresa Bazapez S.A de Costa Rica. El peso inicial será de 30 mg, hasta alcanzar 30 g de peso promedio. Se realizará repeticiones a lo largo del año, en época seca y lluviosa. Se evaluará la tasa de

sobrevivencia, la tasa de crecimiento específica y el factor de conversión alimenticia en cada una de las jaulas de alevines. Esto permitirá conocer si biomasas de microalgas ricas en proteínas producidas en el país de forma orgánica son una nueva opción para Costa Rica como producto nacional. El desarrollo de este proyecto permitirá impactar a las industrias de producción piscícola nacional y otro sector beneficiado serán los consumidores debido a las posibles mejoras a nivel nutricional de los peces lo cual contribuiría a la salud pública de forma indirecta. Positivamente, los beneficios de las microalgas no se limitan únicamente a su contenido proteico, ya que estas disponen de otros metabolitos que tienen algunos beneficios a la salud, tanto para los alevines y peces en general como para el ser humano; por lo que este podría ser considerado un alimento funcional.

El sector acuícola requiere de innovaciones tecnológicas que les permitan ser productivos y altamente competitivos a pesar de factores externos como cambio climático o alzas en las materias primas para la elaboración de los piensos, así como el riesgo de posibles enfermedades. Los resultados de este estudio podrían a futuro impactar la reducción de la importación, de los alimentos para cría de tilapia, además los procesos de

producción de microalgas generarán empleo y reducen la huella de carbono.

Palabras clave: *Cultivo de tilapia, formulación de microalgas, acuicultura, recuperación*

Abstract

Aquaculture in Costa Rica generated around 1,350 direct jobs and 1,300 jobs associated with processing in 2015. However, it is a sector that has not achieved stable growth in recent years. With more than 1,200 km of coastline, Costa Rica has not exploited the full potential that aquaculture could bring to the national economy and to the inhabitants of coastal regions. In addition, aquaculture is a system that is highly vulnerable to the effects associated with COVID-19. According to FAO, each step in the chain of this process is susceptible to being disrupted by COVID-19 impacts. These considerations make aquaculture a highly vulnerable sector, where the people

who depend on these jobs are in a fragile state, with high uncertainty in the face of fortuitous events. According to Costa Rica's Territorial Economic Strategy 2020-2050, jobs

associated with aquaculture are at the lowest quality thresholds in the country, at a precarious level.

Promoting aquaculture is an integral process that requires investment in technology and development in coastal areas. With this in mind, this project aims to stimulate national aquaculture through the creation of specific technology for one of the segments that most increases the costs of aquaculture production, feed (aquaculture feed). The microalgae-based technology aims to increase the sustainability and competitiveness of aquaculture crops led by women (tilapia producers), while microalgae collaborate with the capture of CO₂ and elimination of pollutants in water. Our product would directly address the problem associated with the dependence on raw materials for the formulation of aquatic species feeds and partially reduce the use of antibiotics.

In aquaculture, microalgae are an important source of nutrition for fish or crustaceans, providing proteins, lipids and carbohydrates; and are a source of antioxidants to improve the immune system of aquatic animals, overcoming the problems of antibiotic abuse. Therefore, the use of microalgae biomass as a high value-added component is very necessary for modern aquaculture. Under this scenario, the Microalgae Laboratory of

the Biotechnology Research Center of the Technological Institute of Costa Rica has more than 13 years of experience in research and development applied to microalgae biotechnology. In collaboration with INCOPECA and associations of women tilapia farmers, this project will formulate a nutritional supplement based on microalgae, diagnose the productivity of tilapia fed with the nutritional supplement, train farmers in the use and implementation of the nutritional supplement, and evaluate the reduction in the carbon footprint by partially or totally replacing the diets of aquaculture crops with the formulated nutritional supplement. This last point will greatly contribute to the decarbonization of aquaculture in Costa Rica.

Keywords: *Tilapia farming, microalgae formulation, aquaculture, economic recovery.*

PROYECTO 111: Acceso a fuentes novedosas de productos naturales: Alcance multiómico innovador y transdisciplinar para el descubrimiento de metabolitos bioactivos en Actinobacterias y Cianobacterias de ambientes extremos

Periodo de ejecución: Del 11 de octubre del 2021 al 30 de abril del 2025

Área: Ingeniería y Tecnología

Sub área: Biotecnología Ambiental

Escuelas participantes:

Proponente Biología

Investigador Coordinador: Dra. Kattia Núñez Montero

Contacto: knunez@tec.ac.cr

Resumen

Las bacterias han sido reconocidas como una de las principales fuentes de productos naturales para el desarrollo de fármacos. Sin embargo, el descubrimiento de nuevos metabolitos bioactivos microbianos ha sido limitado porque algunos compuestos bioactivos son frecuentemente redescubiertos. Así, dado que la mayoría de los antibióticos y fármacos antineoplásicos utilizados en la actualidad se han aislado de microorganismos, el redescubrimiento de metabolitos no sólo supone un cuello de botella en la prospección microbiana, sino que también limita la contribución de la ciencia a los principales retos en salud, como la resistencia a los antibióticos y el cáncer resistente a la quimioterapia. Sin embargo, la mayor parte de la diversidad metabólica de algunos grupos de microorganismos aún no ha sido revelada y siguen siendo una fuente prometedora de nuevos y valiosos metabolitos. Se han propuesto múltiples enfoques para el descubrimiento de fármacos con el fin de superar este problema, pero todavía se necesita una verdadera diversidad molecular de fuentes de productos naturales. Se ha sugerido que los grupos de bacterias, como las Actinobacterias “raras” y las Cianobacterias, son una fuente sin explotar para buscar nuevos metabolitos bioactivos, en particular, los que habitan en

entornos extremos. Se ha informado de que estos grupos de bacterias pueden albergar un gran número de grupos de genes biosintéticos (BGC) para la producción de múltiples metabolitos secundarios con potenciales actividades biológicas, sin embargo, la mayoría de los BGC son crípticos o permanecen en silencio bajo las condiciones de cultivo tradicionales. En esta propuesta, planteamos la hipótesis de que nuevos metabolitos silenciosos de Actinobacterias y Cianobacterias raras no explotadas pueden ser activados mediante estímulos de elicitación precisos y el re-direccionamiento genético de las vías metabólicas basales. El objetivo de este proyecto es impulsar la producción de nuevas moléculas bioactivas en microorganismos (Actinobacterias y Cianobacterias) adaptados a sobrevivir en entornos extremos, mediante la aplicación de un enfoque innovador de ingeniería genética y multiómica para la priorización y activación de las vías metabólicas silenciosas. Esta propuesta proporcionará una sólida oportunidad de validación para impulsar los potenciales genes candidatos y las vías metabólicas para aumentar la producción de moléculas bioactivas de bacterias no explotadas, evitando el redescubrimiento de productos naturales. Por lo tanto, podremos obtener metabolitos completamente nuevos como potenciales agentes terapéuticos contra las amenazas

principales para la salud. Además, nuestro enfoque creará un paradigma para futuros programas de descubrimiento de fármacos microbianos.

Palabras clave: *ambientes extremos, actinobacterias, genoma, antibióticos*

Abstract

Bacteria have been recognized as one of the major sources of natural products in drug development. However, the discovery of novel microbial bioactive metabolites is becoming difficult because some bioactive compounds are being more frequently re-discovered. Thus, since most of the currently used antibiotics and antineoplastic drugs have been isolated from microorganisms is that metabolites re-discovery is not only a microbial prospection bottleneck, but it is a limitation on science contribution to current prior global health issues such as antibiotic-resistance and chemotherapy-resistant cancer. Nevertheless, most of the metabolic diversity of some groups of microorganisms has not yet been revealed and they still being a promising source of valuable novel metabolites. Multiple

approaches for drug discovery have been proposed to overcome this issue, however truly novel molecular diversity of natural product sources is still needed. Bacterial groups such as rare Actinobacteria and Cyanobacteria have been suggested as an untapped source to search for important novel bioactive metabolites, particularly, those inhabiting extreme environments. It has been reported that these groups of bacteria can harbor a great number of biosynthetic gene clusters (BGCs) to produce multiple secondary metabolites with potential biological activities, nonetheless, most of the BGCs are cryptic or remains silent under traditional culture conditions. In this proposal, we hypothesize that silent novel metabolites from untapped rare Actinobacteria and Cyanobacteria can be activated by accurate elicitation stimuli and genetic knockdown of basal metabolic pathways, which will be a suitable approach for potential drug development against current drug-resistant major health threats (i.e. multidrug resistant bacteria and chemotherapy-resistant cancer). The aim of this project is to boost the production of novel bioactive molecules in microorganisms adapted to survive the extreme environments (i.e. rare Actinobacteria and Cyanobacteria), by the application of an innovative multi-omics and genetic engineering approach for prioritization and activation of the silent metabolic pathways.

This proposal will provide us a robust validation opportunity to boosts the potential candidate genes and metabolic pathways for increasing bioactive molecules production of untapped extreme bacteria avoiding the rediscovery of natural products. Therefore, we will be able to obtain completely new metabolites with bioactivity against current health threats. Moreover, our proposed approach will create a paradigm for future programs on microbial drug discovery.

Key words: *extreme environmets, actinobacteria, genome, antibiotics.*

PROYECTO 112: Herramientas biotecnológicas en vainilla para aumentar la resistencia a fusarium oxysporum

Periodo de ejecución:

Del 1 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2023

Escuelas Participantes: Agronomía

Área: Biotecnología, Ciencias Agrícolas y Agronómicas

Subárea: Biotecnología Agrícola

Investigador: Ing. Xiomara Mata

Contacto: xmata@tec.ac.cr

Resumen

El género *Fusarium* reúne a uno de los grupos de hongos más diseminado en las zonas tropicales y sub tropicales. En este género, *Fusarium oxysporum* es una de las especies de mayor relevancia debido a su alta distribución en los suelos a nivel mundial; y a que es uno de los principales agentes causales de la pudrición y marchitez en más de 100 especies de plantas de interés comercial. Los métodos de control convencionales para *F. oxysporum* han sido muy limitados y en muchos casos poco efectivos. La rotación de cultivos ha sido ineficiente debido a su amplia distribución y persistencia en suelos. Las prácticas culturales y el uso de controladores biológicos solo reducen la transmisión del inóculo; por su parte la esterilización de suelos solo puede ser desarrollado a pequeña escala.

En el cultivo de la vainilla, *Fusarium oxysporum* (f. sp. *vanillae*) ha sido identificado como uno de los responsables de la marchitez del tallo y la pudrición de la raíz. Estas enfermedades se han relacionado con pérdidas significativas (entre el 50% y el 90%) en plantaciones a nivel mundial.

Esta investigación busca abordar el desarrollo de un método preciso de detección temprana el cual podría acortar drásticamente el tiempo de reacción en el tratamiento de *F. oxysporum* (f. sp. *vanillae*) en el cultivo de la vainilla. Mediante la aplicación de tecnologías de PCR isotermal, desarrolladas por Laboratorio de Ingeniería Genética de Plantas (PGEL) de la Universidad de Queensland (Brisbane, Australia), se pretende incorporar un sistema de detección en campo eficiente que

facilite el monitoreo e identificación del comportamiento de este patógeno.

La incorporación de las tecnologías innovadoras desarrolladas en el PGEL (utilizando la vainilla como modelo) no solo podrían beneficiar a los productores de vainilla del país; progresivamente, la detección temprana y el control biotecnológico de patógenos podrían traducirse a otros cultivos tropicales de importancia, generando un gran impacto en los sistemas productivos de Costa Rica mediante el desarrollo de nuevas herramientas biotecnológicas para la detección temprana y el control de patógenos fúngicos en cultivos tropicales.

Palabras Clave: *Fusarium oxysporum*, *Vanilla sp*;
herramientas biotecnológicas, detección temprana, control del patógeno.

PROYECTO 113: Protaminas: Evolución y papel en la protección del ADN espermático, formación de la cabeza y funcionamiento celular (PROTASPERM)

Periodo de ejecución: Del 9 de noviembre del 2022 al 31 de diciembre del 2023

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Ciencias Biológicas

Escuelas participantes:

Proponente: Agronomía

Investigador Coordinador: Dr. Anthony Valverde Abarca,

Contacto: anvalverde@tec.ac.cr

Resumen

Los espermatozoides deben emprender un largo viaje para llegar al ovocito y participar en la fecundación. El éxito en este esfuerzo depende de la estructura y función de los espermatozoides. Los machos fabrican espermatozoides en los testículos, seguidos de un procesamiento posterior en el epidídimo, y esto implica que: (a) la cabeza del espermatozoide que lleva el núcleo está aerodinámicamente eficiente para la hidrodinámica, (b) el núcleo está compactado para favorecer la reducción de tamaño, (c) la compactación de la cromatina ocurre a través del reemplazo de histonas y la unión de protamina (PRM) al ADN (además, sufren modificaciones postraduccionales), (d) la integridad del ADN está protegida por la compactación de la cromatina, lo que minimiza el daño de varios factores, (e) los genes son silenciada por la acción y la compactación de la protamina, (f) la diferenciación del esperma también incluye el desarrollo de un flagelo para el movimiento celular, (g) la sincronización de la formación de la cabeza y el flagelo con armonización e integración en el desarrollo de ambos componentes, (h) el movimiento depende del latido de el flagelo y la energía (ATP) producida por la glucólisis y la respiración. Una vez en el tracto femenino, el espermatozoide experimenta cambios adicionales en preparación para la fertilización, tiempo durante el cual la protección del ADN es primordial. Después de la fertilización, las protaminas se eliminan y se reemplazan por histonas, y el ADN se repara dentro de la capacidad del ovocito, y el esperma activa el desarrollo del embrión. Las protaminas, por lo tanto, juegan un papel crucial en la serie de eventos que terminan en la

fertilización y también son importantes para el desarrollo y el bienestar de la descendencia. Caracterizar y comprender estos roles, tanto en lo que respecta a su evolución como a su función, conduciría a una mejor comprensión de la fertilidad y permitiría realizar pruebas diagnósticas precisas y un mejor pronóstico y tratamiento, evaluaciones predictivas confiables de la fertilidad animal y, finalmente, contribuiría a aprender sobre el impacto de los factores ambientales y el estilo de vida en la integridad del ADN y los efectos en las generaciones futuras.

Palabras clave: *biología evolutiva, reproducción, fisiología, espermatozoide*

Abstract

The sperm cells must embark in a long journey to reach the oocyte and participate in fertilization. Success in this endeavour relies on the sperm's structure and function. Males manufacture spermatozoa in the testes, followed by further processing in the epididymis, and this implies that: (a) the sperm head carrying the nucleus is streamlined for hydrodynamic efficiency, (b) the nucleus is compacted to favour reduction in size, (c) chromatin compaction occurs via histone replacement and protamine (PRM) binding to DNA (they, in addition, undergo post-translational modifications), (d) DNA integrity is protected by chromatin compaction, minimizing damage from various factors, (e) genes are silenced by protamine action and compaction, (f) sperm differentiation also includes development of a flagellum

for cell motion, (g) synchronization of head and flagellum formation with harmonization and integration in the development of both components, (h) movement depends on beat of the flagellum and energy (ATP) produced by glycolysis and respiration. Once in the female tract, the sperm cell experiences additional changes in preparation for fertilization during which time protection of DNA is paramount. After fertilization, protamines are removed and replaced by histones, and DNA is repaired within the capacity of the oocyte, and sperm activates embryo development. Protamines thus play crucial roles in the series of events ending in fertilization and are also important for development and the wellbeing of the offspring. Characterizing and understanding these roles, both with regards to their evolution and their function, would lead to a better understanding of fertility and would allow for accurate diagnostic tests and better prognosis and treatment, reliable predictive assessments of animal fertility and, finally, contribute to learn about the impact of environmental factors and lifestyle on integrity of DNA and effects on future generations

Key words: *Evolutionary Biology, Reproduction, physiology, spermatozoa*

PROYECTO 114: Perfil de tareas, intereses y habilidades vocacionales de estudiantes de las carreras de Ingeniería en Agronomía, Mecatrónica y Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)

Periodo de ejecución: Del 1 de febrero del 2022 al 30 de junio del 2023

Área: Ciencias Naturales, Ciencias Agronómicas y Ciencias Sociales

Sub área: Ciencias Físicas, Otras Ciencias Agronómicas y Psicología

Escuelas participantes:

Proponente : Departamento de Orientación y Psicología

Investigador Coordinador: M.Sc. Alejandra Alfaro Barquero

Contacto: alealfaro@tec.ac.cr

Resumen

Este proyecto pretende describir el perfil vocacional (tareas, intereses y habilidades) de las carreras de Ingeniería en Agronomía, Mecatrónica y Física, del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), para la construcción de una prueba de tareas e intereses para las carreras indicadas, así como identificar diferencias según carrera, sexo y nivel de satisfacción vocacional.

Estas escalas de tareas e intereses una vez finalizadas se agregarán al Instrumento Tareas, intereses y habilidades en el área de ingeniería en el ITCR de Alfaro-Barquero y Chinchilla-Brenes (2016, 2017, 2019, 2020 y 2021) que completaría el perfil de las carreras de la institución. Dicho instrumento actualmente incluye las Ingenierías en Computación, Mantenimiento Industrial, Electrónica, Producción Industrial, Diseño Industrial, Construcción, Ciencia de los Materiales, Biotecnología, Forestal, Ambiental, Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, Agronegocios, Agrícola, Computadores, así como las carreras de Administración de Empresas, Administración de Tecnología de Información, Arquitectura y Enseñanza de la Matemática con Entornos Tecnológicos.

Para cumplir con este propósito se aplicará a estudiantes y docentes el Instrumento de recolección de información sobre tareas, intereses y habilidades (Alfaro-Barquero & Chinchilla-Brenes, 2016, 2017, 2019, 2020 y 2021) para las carreras de interés. Se utilizará este instrumento con el propósito de obtener la información que permita la elaboración del perfil vocacional de cada carrera, el cual se validará con el criterio de expertos de cada disciplina.

A partir del perfil vocacional se redactarán los ítems para la construcción de las escalas de intereses y tareas que se aplicarán de forma conjunta con la escala de Evaluación de satisfacción vocacional (Alfaro-Barquero & Chinchilla-Brenes, 2016), y la Escala de habilidades del instrumento Tareas, intereses y habilidades en el área de ingeniería en el ITCR de Alfaro-Barquero y Chinchilla-Brenes (2016, 2017, 2019, 2020 y 2021) en una fase piloto y en la fase final de la investigación.

Para todo el proceso 2022 se estima una muestra total de 200 estudiantes entre las tres carreras y para el análisis de los datos se emplearán estadísticas descriptivas, análisis de ítems, análisis factoriales, así como análisis de varianza para determinar si existen diferencias entre los perfiles según las variables de interés.

Palabras clave: *satisfacción vocacional, intereses vocacionales, tareas ocupacionales, habilidades e ingeniería*

Abstract

The purpose of this study is to describe the vocational profile (tasks, interests and abilities) in the careers of Engineering in Agronomy, Mechatronics and Physics of the Technological Institute of Costa Rica (ITCR) and the construction of a test about tasks and interests for the indicated careers, as well as to identify differences according career, sex and level of vocational satisfaction.

These scales of tasks and interests will be included at the end of process, as a complement to the Instrument of Tasks, interests and abilities in the engineering area in the ITCR (Alfaro-Barquero & Chinchilla-Brenes, 2016, 2017, 2019, 2020 and 2021), which includes Computer Engineering, Industrial Maintenance, Electronics, Industrial Production, Industrial Design, Construction, Materials Science, Biotechnology, Forestry, Environmental, Occupational Safety and Environmental Hygiene, Agribusiness, Agriculture, Computers, and the careers of Business Administration, Information

Technology Administration , Architecture and Teaching of Mathematics with Technological Environments.

To achieve this purpose, the Instrument about information of tasks, interests and abilities (Alfaro-Barquero & Chinchilla-Brenes, 2016, 2017, 2019, 2020 y 2021) will be applied to students and teachers for these careers, with the purpose of elaborating the vocational profile of each career. The profile will be validated with the criteria of experts from each discipline.

Based on the vocational profile, the items will be drawn up for the construction of the scales about interests and tasks. Also, will be applied Vocational Satisfaction Assessment Scale (Alfaro-Barquero & Chinchilla-Brenes, 2016), and the Skills Scale of the instrument Tasks, interests and abilities in the engineering area in the ITCR (Alfaro-Barquero y Chinchilla-Brenes, 2016, 2017, 2019, 2020 and 2021). They will be applied in the pilot and final phases of the investigation.

For this study, at least a total of 200 students will be included as sample. For data analysis, will be applied descriptive statistics, item analysis, factorial analysis, and variances to determine differences between sex, career and vocational satisfaction.

Key words: *Vocational profile, engineering, academic performance, vocational satisfaction*