



# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2021

Cartera de proyectos

## CRÉDITOS

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

## TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Derechos reservados ©

## Tabla de contenido

PROYECTO 1: Validación funcional enfocada en el retorno energético y rigidez de componentes protésicos (pylon y pie) fabricados mediante tecnologías de manufactura aditiva y escaneo 3D .....	9
PROYECTO 2: Modelado de la futura penetración de Vehículos Eléctricos para realizar estudios de eléctricos y ambientales para Costa Rica .....	12
PROYECTO 3: Desarrollo y evaluación de un dispositivo de intercambio térmico con esponja metálica como elemento de transferencia del calor.....	14
PROYECTO 4: Diseño de un modelo de decisión para la organización de los recursos según la disponibilidad de estos, mediante la simulación de eventos discretos. Aplicación en el servicio de consulta externa del Hospital San Carlos.....	17
PROYECTO 5: Identificación de fallas en instalaciones solares fotovoltaicas .....	19
PROYECTO 6: Sistema robotizado semiautomático para limpieza de cielorrasos metálicos en industria y matrices de paneles fotovoltaicos .....	21
PROYECTO 7: Estudio de matrices extracelulares conductoras (MECC) para el crecimiento de células in vitro .....	23

PROYECTO 8: Metodología para el reconocimiento automático de patrones del Pensamiento Computacional en estudiantes de la educación general básica para mejorar los procesos de gestión.....	25
PROYECTO 9: Modelo de predicción de la pobreza en Costa Rica: Una herramienta para los programas de asistencia social .....	27
PROYECTO 10: 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. ....	29
PROYECTO 11: Impactos e impulsores de la herbivoría de insectos en el ciclo de nutrientes en los bosques a nivel mundial .....	32
PROYECTO 12: Impulso tecnológico a los sistemas agroforestales para la producción sostenible de fibras naturales para exportación: cultivo de abacá (Musa textilis Née) como alternativa versátil para productores rurales en Costa Rica .....	35
PROYECTO 13: Implementación de tecnologías y aplicaciones de bajo costo para el estudio de la fisiología de especies arbóreas del trópico mesoamericano como herramienta para su conservación.....	38
PROYECTO 14: Dinámica de la cobertura forestal y humedales de Costa Rica: bases de datos 1960/45 para la comprensión de	

los procesos de restauración y deterioro de los servicios ecosistémicos .....	40
PROYECTO 15: Mejoramiento del paquete tecnológico de producción clonal en ambiente protegido de <i>Tectona grandis</i> y <i>Cordia alliodora</i> .....	42
PROYECTO 16: Técnicas de silvicultura intensiva para el aumento de la productividad de plantaciones clonales de teca y melina .....	44
PROYECTO 17: Síntesis de madera magnética a base de nano partículas de hierro en especies forestales provenientes de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica. ....	46
PROYECTO 18: Optimización del componente forestal del programa nacional de fomento de sistemas silvopastoriles carbono-neutral.....	48
PROYECTO 19: Utilización de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs) en la evaluación de la calidad y estado de desarrollo de plantaciones forestales .....	50
PROYECTO 20: Tratamiento térmico y químico como mejora del proceso de densificación de tres maderas de plantaciones forestales.....	52
PROYECTO 21: CORrosión del concreto reforzado y DEgradación de sus propiedades MECánicas (CODE_MEC3): Etapa 3 Estudio experimental y modelación de la degradación de propiedades mecánicas del concreto reforzado por causa de la corrosión.....	54

PROYECTO 22: Propuesta de un índice de salud estructural para puentes (BHI) para Costa Rica .....	56
PROYECTO 23: Implementación de técnicas no invasivas para el estudio patológico en edificaciones patrimoniales .....	58
PROYECTO 24: El diseño del paisaje urbano desde la diversidad social, cultural y ambiental del Conjunto del Paseo de las Damas en Costa Rica: Caso de los Parques Nacional, España y Morazán .....	61
PROYECTO 25: Herramientas de gestión y conservación programada en intervenciones de bienes inmuebles patrimoniales en Costa Rica.....	64
PROYECTO 26: Mejoramiento de la gestión integrada del recurso hídrico en la cuenca del río Tempisque mediante la determinación del caudal ambiental bajo una perspectiva holística .....	66
PROYECTO 27: Modelación del rendimiento del cultivo de palma de aceite a partir de imágenes satelitales multiespectrales, en el Pacífico Central de Costa Rica .....	68
PROYECTO 28: Efecto del biocarbón en la dinámica hídrica de un suelo volcánico en función de los cambios de sus propiedades físicas e hidráulicas .....	70
PROYECTO 29: Gen-FW: Una generalización del problema de Fermat-Weber con aplicaciones al procesamiento de datos ..	72

PROYECTO 30: Ventanas inteligentes: Aplicaciones a la eficiencia energética en el diseño arquitectónico de fachadas. ....	74
PROYECTO 31: Estudios de turbulencia y transporte en el plasma ECRH del Stellarator SCR-1.....	76
PROYECTO 32: Análisis de imágenes y cuantificación del color para el diagnóstico del cáncer de piel tipo melanoma en Costa Rica. ....	78
PROYECTO 33: Influencia del polimorfismo y la formación de co-cristales en las propiedades físicas de fármacos antihipertensivos.....	80
PROYECTO 34: Monitoreo ambiental de mercurio en zonas mineras artesanales y zonas urbanas de Costa Rica, y acciones para la mitigación de su impacto ambiental .....	82
PROYECTO 35: Remoción de fluoruro y arsénico con piedra pómez modificada .....	85
PROYECTO 36: Elaboración de un índice de calidad para el monitoreo de los ríos en Guatemala que apoyen programas de gestión ambiental.....	88
PROYECTO 37: Desarrollo de sistema para evaluación biomecánica de implantes para prótesis óseo-integradas en modelos mímicos de hueso impresos en 3D.....	90
PROYECTO 38: 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).....	92
PROYECTO 39: Desarrollo de celdas biofotovoltaicas utilizando la proteína bacteriorodopsina .....	94
PROYECTO 40: NanoBiofertilizantes: Uso de arcillas en la preparación de Emulsiones de Pickering para formulados agrícolas a partir de biomasa microalgal de Arthrospira máxima.....	97
PROYECTO 41: Producción de mutantes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) tolerantes a herbicidas utilizando rayos gamma para contribuir con el manejo sostenible del cultivo.....	100
PROYECTO 42: Desarrollo de una mezcla de microorganismos benéficos para el incremento de la vida útil post-cosecha de la cebolla en la zona norte de Cartago .....	102
PROYECTO 43: 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.....	104
PROYECTO 44: Alimentómica de microalgas: determinación de metabolitos primarios y secundarios en biomazas microalgales para la elaboración de alimentos funcionales .....	106
PROYECTO 45: Proceso de domesticación del coyol ( <i>Acrocomia aculeata</i> ) como una alternativa bioenergética en Costa Rica, Fase II .....	109

PROYECTO 46: Evaluación de un sistema biológico eucariota (Nicotiana tabacum) para la producción de insulina humana recombinante, con miras al escalamiento en biorreactor ....	112
PROYECTO 47: Formulación de un prototipo de uso tópico a partir de extractos de fresa (Fragaria x ananassa., variedad Festival) ricos en antocianinas .....	114
PROYECTO 48: Desarrollo de un proceso industrial para la producción de un bio-material y subproductos a partir de la fibra de la hoja de la piña .....	116
PROYECTO 49: Evaluación de la fertilidad asociada a la calidad seminal de verracos en granjas porcinas de la Región Huetar Norte.....	118
PROYECTO 50: Caracterización del daño oxidativo por el humo del cigarro en células epiteliales normales y su posible quimipreención con extractos de manzana y ciruelo .....	120
PROYECTO 51: Estimación de parámetros propios del clima espacial mediante técnicas de aprendizaje automático .....	122
PROYECTO 52: Construcción de un prototipo de tomógrafo por impedancia eléctrica (EIT) para la zona del antebrazo Humano .....	124
PROYECTO 53: Miniaturización e integración de sistemas para obtener un prototipo operativo de bomba para sangre .....	126

PROYECTO 54: Diseño de métodos de analítica visual (AV) en el contexto de Big Data para apoyar el proceso de desarrollo y mantenimiento de software (AVIB) .....	127
PROYECTO 55: Análisis de comunidades biológicas en suelos de plantaciones de piña en la Región Huetar Norte, como opción para controles alternativos de patologías .....	129
PROYECTO 56: GWSat: prototipo de monitoreo de humedales a través de un sistema espacial tipo "store-and-forward" ....	131
PROYECTO 57: Diseño e Implementación de Interfaces de Comunicación de Alta Velocidad para Dispositivos Médicos a la Medida .....	133
PROYECTO 58: Diseño de Arquitecturas Multinúcleo para Aplicaciones de Procesamiento Masivo de Datos ("Big Data") .....	135
PROYECTO 59: Diseño de técnicas de interacción para analítica visual en entornos colaborativos de múltiples dispositivos ..	137
PROYECTO 60: Clasificación y comparación de imágenes biomoleculares y médicas.....	138
PROYECTO 61: Infraestructura de simulación computacional de plasma para diseño y verificación de dispositivos de confinamiento magnético de tipo Stellarator.....	140
PROYECTO 62: Influencia de la estrategia de mercadeo en el Desempeño Exportador de las Pymes: Enfoque en Marketing Digital .....	142

PROYECTO 63: Análisis de la influencia de factores de riesgo sobre la disposición al endeudamiento por tarjetas de crédito .....	143
PROYECTO 64: Ecología y silvicultura para bosques secundarios de Costa Rica .....	145
PROYECTO 65: Desarrollo de recursos genómicos en <i>Tectona grandis</i> . Fase II, Secuenciación del genoma y búsqueda de marcadores SNP's para su utilización en mejoramiento genético .....	146
PROYECTO 66: Desarrollo de un programa de mejoramiento genético contra enfermedades en teca ( <i>Tectona grandis</i> L.) y melina ( <i>Gmelina arborea</i> Roxb.). Fase II Selección y reproducción comercial de genotipos tolerantes .....	148
PROYECTO 67: Restauración del bosque de Isla del Coco: Influencia de la microbiota en la sobrevivencia y salud de los árboles .....	150
PROYECTO 68: Mejoramiento de las condiciones de procesamiento primario, secado y usos estructurales de la madera de almendro ( <i>Dipteryx panamensis</i> ) y pilón ( <i>Hieronyma alchorneoides</i> ) de plantaciones forestales de Costa Rica .....	151
PROYECTO 69: Conservación de la arquitectura caribeña costarricense a partir de la aplicación de técnicas de avanzada para el estudio de los agentes causantes de lesiones en las edificaciones .....	153

PROYECTO 70: Evaluación de causas de pérdida de alimento en cadenas de suministro alimentarias costarricenses con miras a una política pública sectorial para su reducción .....	155
PROYECTO 71: Caracterización del mercado actual de biomasa vegetal con fines energéticos procedentes de industrias agroindustriales y forestales de Costa Rica .....	157
PROYECTO 72: Modelación de producción, protección y evaluación económica de cultivos en sistemas agroforestales de cacao en Osa y Golfito.....	159
PROYECTO 73: PROE: Implementación de un prototipo de enjambre de robots para la digitalización de escenarios estáticos y planificación de rutas óptimas .....	160
PROYECTO 74: FroSigPro: Un marco matemático-computacional para la solución de problemas de optimización aplicado a procesamiento de señales utilizando la norma de Frobenius.....	162
PROYECTO 75: Simulación de plasma y diseño de sistemas para operación y diagnóstico en el Tokamak Esférico MEDUSA-CR .....	163
PROYECTO 76: Valoración de las propiedades magnéticas en bioindicadores y polvo urbano, como método alternativo para monitorear la contaminación atmosférica en zonas de flujo vehicular .....	164

PROYECTO 77: Elaboración de un modelo para predecir la vulnerabilidad de metales pesados en agua y sedimentos en distintas regiones del país .....	166
PROYECTO 78: Validación en campo de MOLABS, sistema para análisis espectroscópico remoto .....	168
PROYECTO 79: Establecimiento de los indicadores del riesgo de saneamiento ambiental sostenible (IRSAS) en el sector de servicios públicos de agua potable y saneamiento en zonas rurales de Costa Rica .....	170
PROYECTO 80: Lixiviación de contaminantes en suelos agrícolas y urbanos en la zona de protección de la naciente la Misión, Tierra Blanca de Cartago .....	171
PROYECTO 81: Análisis de flujos metabólicos compartimentalizados en microalgas autóctonas de Costa Rica .....	173
PROYECTO 82: La integración del turismo indígena y la dinámica agrícola: sus posibles impactos sobre los medios de subsistencia en Talamanca .....	174
PROYECTO 83: Desarrollo de un sistema de estudios in-vitro adaptable en equipo de pruebas dinámicas, con miras a generar estímulos biomecánicos sobre cultivos celulares....	175
PROYECTO 84: Producción de aleaciones de titanio nano-estructuras por deformación plástica severa con recubrimientos biofuncionalizados para su aplicación en dispositivos médicos .....	177
PROYECTO 85: Investigación de vías de señalización neuronal corriente debajo de neuregulina-2 .....	179
PROYECTO 86: Perfilado y validación de la fisiopatología molecular corriente debajo de la hiper-estimulación de NRG1-ErbB4 .....	181
PROYECTO 87: Tratamiento y validación pre-clínica de tejido óseo para uso terapéutico .....	183
PROYECTO 88: Estudios estructurales de proteínas de venenos de serpientes de importancia biomédica para la búsqueda de posibles moléculas terapéuticas inhibitorias mediante difracción de rayos X.....	185
PROYECTO 89: Caracterización in vitro e in vivo de fitoquímicos antioxidantes y anti inflamatorios aislados de Ganoderma sp .....	187
PROYECTO 90: Caracterización del contenido proteico y lipídico de biomasas obtenidas de las microalgas Isochrysis galbana y Arthrospira máxima como fuente potencial en alimentos. Fase 1 funcionales .....	189
PROYECTO 91: Desarrollo de estrategias eficientes para la producción masiva de material vegetativo de pilón mediante técnicas biotecnológicas .....	191
PROYECTO 92: Escalamiento de raíces pilosas de Phyllanthus acuminatus (chilillo) y comprobación del efecto anticancerígeno de extractos crudos en un modelo animal .	193

PROYECTO 93: Estudio del desplazamiento en suelo, virulencia y potencial biotecnológico de cepas de <i>Listeria</i> spp. aisladas en Costa Rica .....	194
PROYECTO 94: Desarrollo de dos formulados prototipo con base en <i>Trichoderma</i> sp para la aplicación de microorganismos mejoradores de suelo de uso agrícola .....	196
PROYECTO 95: Evaluación de microorganismos con actividad antimicrobiana asociados a adultos de avispas sociales (Hymenoptera: Vespidae; Polistinae, Epiponini) .....	198
PROYECTO 96: Determinación de las características fisicoquímica y evaluación de la viabilidad económica de un prototipo de biofertilizante a base de microalgas costarricenses (Fase II) .....	200
PROYECTO 97: Evaluación del efecto elicitor de biopartículas de Quitosano-Pectina con potencial de inducción de resistencia en plantas.....	201
PROYECTO 98: Desarrollo de un extracto de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante, a partir de cultivos celulares de mora ( <i>Rubus adenotrichos</i> Schltdl.) producidos en biorreactor.....	203
PROYECTO 99: Herramientas biotecnológicas en vainilla para aumentar la resistencia a <i>Fusarium oxysporum</i> .....	205
PROYECTO 100: Desarrollo de la metodología de análisis integrado de semen en ganado <i>Bos indicus</i> .....	207

PROYECTO 101: Diseño de dispositivos mecatrónicos para la rehabilitación física posterior a un evento cerebrovascular o COVID-19 (REHAB-GYM) .....	208
PROYECTO 102: Interacciones Multimodales en ambientes virtuales para el aprendizaje (iReal 7.0).....	210
PROYECTO 103: Dinámica de la logística empresarial, enfoque de perspectivas en Bogotá.....	213
PROYECTO 104: Desarrollo de un sistema sostenible de cosecha de agua atmosférica para uso comunitario y en sistemas productivos en Costa Rica.....	216
PROYECTO 105: Procesos de Manufactura en el Aula, desarrollo de un Objeto de Aprendizaje con Realidad Mixta (XR)” .....	219
PROYECTO 106: Optimización automática de parámetros en simulaciones epidemiológicas de alta precisión.....	221
PROYECTO: FAIR 107: Feminist AI Research f<A+i>r: Incubating Feminist AI: From Paper to Prototype to Pilot.....	224
PROYECTO 108: Factores determinantes en la implementación de transformación digital y su impacto en los modelos de negocio.....	226
PROYECTO 109: Factores que influyen en la capacidad innovadora de las pequeñas y medianas empresas industriales en Costa Rica.....	229

PROYECTO 110: La intención emprendedora de las estudiantes universitarias en América Latina: factores influyentes en su desarrollo.....	230
PROYECTO 111: Optimización del manejo de plantas arvenses en los estadios iniciales de cultivos forestales de teca y melina .....	232
PROYECTO 112: 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 .....	234
PROYECTO 113: BIOECODES: El BIOcarbón como estrategia de ECONOMÍA circular: valorización de residuos agroindustriales para la DEScarbonización y la protección de los recursos ....	236
PROYECTO 114: 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 .....	238
PROYECTO 115: Evaluación del uso potencial de fibras naturales como biomaterial .....	241
PROYECTO 116: Desarrollo de matrices porosas extracelulares con propiedades eléctricas (MECC) para el estudio in vitro de tejido celular .....	244

PROYECTO 117: Revalorización de la broza del café como material adsorbente alternativo al carbón activado en la remoción del bromacil de fuentes agua. ....	246
PROYECTO 118: Ventilador Mecánico de bajo costo .....	248
PROYECTO 119: HOPE-TEC: Prototipo de respiradores tipo N95 alternativos (mascarillas y máscaras faciales) fabricados con materiales y procesos accesibles .....	249
PROYECTO 120: Diseño y desarrollo de un producto biotecnológico para degradación de grasas y aceites .....	251
PROYECTO 121: Desarrollo sostenible en acuicultura: Nutrición de alevines con nuevo suplemento microalgal rico en proteína.....	253
PROYECTO 122: Desarrollo y transferencia del conocimiento científico y métodos agroforestales para la producción óptima y sostenible de fibras naturales de abacá (Musa textilis Née) para la exportación .....	256
PROYECTO 123: Diseño y validación de una escala para evaluar el ajuste a la vida universitaria en el contexto costarricense	258
PROYECTO 124: El estudio de caso de cinco mujeres de la comunidad de San Ramón de La Virgen de Sarapiquí: turismo rural, emprendimiento y empoderamiento de mujeres .....	260

## **PROYECTO 1: Validación funcional enfocada en el retorno energético y rigidez de componentes protésicos (pylon y pie) fabricados mediante tecnologías de manufactura aditiva y escaneo 3D**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ingeniería Médica

### **Escuelas participantes:**

Proponente Diseño Industrial

Participante Ingeniería en Producción Industrial

Participante Ingeniería de los Materiales

**Investigador Coordinador:** Olga Sánchez Brenes, MBA.

Contacto: [olsanchez@tec.ac.cr](mailto:olsanchez@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Según datos del Taller Nacional de Órtesis y Prótesis (TNOP) entre el 2011 y el 2013 se experimentó un aumento de 71% en la demanda de pacientes que requieren los servicios de este taller, siendo las amputaciones por debajo de la rodilla (amputaciones transtibiales) las de mayor crecimiento con una elevación en la demanda de 186,5%. Para resolver esta demanda el TNOP y las clínicas privadas implementan dispositivos protésicos de diferentes calidades y precios que no necesariamente se adecuan a las necesidades específicas de cada paciente, ya que son componentes estándar que no permiten un ajuste adecuado para asegurar la satisfacción de los pacientes. Bajo esta problemática, desde el 2012, el Laboratorio de Ergonomía Aplicada del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ergoTEC) inicia con la investigación en este tema y se desarrollan a partir del 2016 los primeros componentes protésicos impresos en 3D de bajo costo (pie, pylon y socket), mediante la implementación de nuevas tecnologías y materiales, con el objetivo de adecuar estos dispositivos a las necesidades funcionales y fisiológicas de los pacientes. En las fases de investigación I y II se desarrollaron componentes protésicos impresos en 3D y se realizó su validación estructural de acuerdo con las normas ISO 31028 e ISO 22675. A partir de las validaciones y resultados obtenidos en las primeras fases de investigación se plantea la siguiente pregunta ¿Cómo garantizar que los componentes protésicos diseñados en ergoTEC (pie y pylon) cumplen con los estándares de calidad del mercado y se adecuan a las necesidades funcionales de los pacientes? Para responder a esta pregunta, se plantea validar la funcionalidad de los componentes protésicos (pylon y pie) enfocada en la rigidez y el retorno energético, como medio para

adaptar su respuesta biomecánica a las necesidades funcionales de pacientes. El objetivo principal de esta propuesta de investigación es validar la funcionalidad de los componentes protésicos (pylon y pie) enfocada en la rigidez y el retorno energético, como medio para adaptar su respuesta biomecánica a las necesidades funcionales de los pacientes. Esta validación se hará mediante la comparación de los dispositivos protésicos desarrollados (pie y pylon) con componentes protésicos comerciales por medio de ensayos mecánicos; con el propósito de comparar su funcionalidad en términos de retorno energético y rigidez. A partir de estas pruebas se realizará un proceso iterativo de diseño y la validación mediante simulación computacional. Como resultados de esta fase se espera obtener mejoras funcionales del diseño del pie y el pylon protésico que permitan una correcta personalización en relación con el nivel funcional, peso y dimensiones del paciente.

**Palabras clave:** amputado, pie protésico, pylon protésico, impresión en tres dimensiones, manufactura aditiva, almacenamiento y retorno energético, rigidez

### **Abstract**

According to data from the Taller Nacional de Ortesis y Prótesis (TNOP) between 2011 and 2013, there was a 71% increase in the demand for patients who require the services of this center, with amputations below the knee (transtibial amputations) the fastest growing ones with an increase in demand of 186.5%. To solve this demand, the TNOP and private clinics implement prosthetic devices of different qualities and prices that do not necessarily adapt to the specific needs of each patient, because

they are standard components that do not allow an adequate adjustment to ensure patient satisfaction. Under this problem, since 2012, the Laboratory of Applied Ergonomics of the Technological Institute of Costa Rica (ergoTEC) begins with research on this topic and the first low-cost 3D prosthetic components (foot, pylon) are developed from 2016 and socket), through the implementation of new technologies and materials, in order to adapt these devices to the functional and physiological needs of patients. In research phases I and II, 3D printed prosthetic components were developed and structural validation was carried out in accordance with ISO 31028 and ISO 22675. Based on the validations and results obtained in the first phases of the investigation, the following question arises: How to ensure that the prosthetic components designed in ergoTEC (foot and pylon) comply with the quality standards of the market and adapt to the functional needs of the patients? To answer this question, it is proposed to validate the functionality of the prosthetic components (pylon and foot) focused on stiffness and energy return, as a means to adapt their biomechanical response to the functional needs of patients. The main objective of this research proposal is to validate the functionality of the prosthetic components (pylon and foot) focused on stiffness and energy return, as a means to adapt their biomechanical response to the functional needs of patients. This validation will be done by comparing the developed prosthetic devices (foot and pylon) with commercial prosthetic components by means of mechanical tests; with the purpose of comparing its functionality in terms of energy return and rigidity. From these tests, an iterative design and validation process will be carried out through computational simulation. As a result of this phase, it is expected to obtain functional improvements of the design of the foot and the prosthetic pylon

that allow a correct customization in relation to the functional level, weight and dimensions of the patient.

**Keywords:** amputee, prosthetic foot, prosthetic pylon, three-dimensional printing, additive manufacturing, energy storing and returning, stiffness.

## **PROYECTO 2: Modelado de la futura penetración de Vehículos Eléctricos para realizar estudios de eléctricos y ambientales para Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

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

### **Escuelas participantes:**

Proponente Ingeniería Electromecánica

Participante Matemática

**Investigador Coordinador:** Gustavo Adolfo Gómez Ramírez, M.Sc.

Contacto: [ggomez@tec.ac.cr](mailto:ggomez@tec.ac.cr)

### **Resumen**

La creciente integración de los vehículos eléctricos (VEs) en los sistemas eléctricos de potencia plantea la necesidad de estimar el posible futuro mercado de éstos en las redes eléctricas, y con ello, poder establecer escenarios de análisis para realizar estudios de cargabilidad, flujos de potencia, estabilidad entre otros. Por esta razón, el siguiente trabajo de investigación propone un modelo de predicción de futuros mercados de vehículos eléctricos en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en cada una de las barras de la red eléctrica, y de esta manera se podrá modelar condiciones de la red ante una alta penetración de VEs calculados a partir de una metodología con sustento matemático. La metodología considerará variables: técnicas como el crecimiento de la demanda eléctrica, socioeconómicas como crecimiento vehicular, económicas tales como índices al consumidor, PIB, inflación entre otras. No cabe duda, que este tipo insumos será de vital importancia para los planificadores del SEN, economistas, mercadólogos, entre otros. Se planteará por lo tanto un modelo híbrido Markov-MonteCarlo o similar para la predicción de mercados futuros de vehículos eléctricos ante un mercado en creciente desarrollo y auge.

**Palabras clave:** Markov, Monte-Carlo, Vehículos eléctricos, predicción.

### **Abstract**

The increasing integration of electric vehicles (VEs) in the electric potential energy system raises the need to estimate the future market of these in the electrical networks and with it, to be able to establish scenarios of analysis that can help to study the loadability, flows of power, stability, and others. For this

reason, the following research proposes a model of prediction of future markets of electrical vehicles in the electrical national system (SEN) in each of the bars of the electrical network and subsequently it will be able to shape conditions of the network before a high penetration of VEs calculated from a methodology with applied mathematics. The methodology will consider technical variables like the growth of the electrical demand, socioeconomic variables as traffic growth, and other like the economic ones as indexes to the consumer, PIB, inflation among others. There is no doubt that this type of inputs will be vital for the planners of the SEN, economists and others. Therefore, we propose an hybrid model of Markov-MonteCarlo for the prediction of future markets of electrical vehicles in front of an increasing market in development.

**Keywords:** Markov, Monte-Carlo, Electric Vehicles, Prediction.

## **PROYECTO 3: 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 2022

**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](mailto: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 4: Diseño de un modelo de decisión para la organización de los recursos según la disponibilidad de estos, mediante la simulación de eventos discretos. Aplicación en el servicio de consulta externa del Hospital San Carlos**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Médicas y de la Salud

**Sub área:** Computación y Ciencias de la Información, Otras Ingenierías y Tecnologías, Ingeniería Médica, Ingeniería Clínica

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería en Producción Industrial

Participante Escuela de Ingeniería en Computación, San Carlos

**Investigador Coordinador:** Ing. Felix Badilla Murillo

Contacto: [fbadilla@tec.ac.cr](mailto:fbadilla@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Las listas de espera para recibir una atención médica dentro de los sistemas de seguridad social no es un problema exclusivo para Costa Rica. Canadá, Inglaterra, España, Nueva Zelanda y Australia son pioneros en la generación de publicaciones relacionadas con el tema y sobre la situación que enfrentan cada uno de estos países. Las listas de espera responden claramente a una diferencia entre la tasa de servicio y la tasa de llegada, donde la segunda resulta mayor.

Los modelos de simulación de eventos discretos son una herramienta de gran ayuda para apoyar el proceso de toma de decisiones porque permiten tener una representación del sistema real, en el que es capaz realizar cambios en las variables y elementos más representativos para estimar el comportamiento que tendrán variables de respuesta de interés, en este caso particular se desea analizar el comportamiento de la lista de espera de un servicio de consulta externa en un hospital de consulta externa al realizar diferentes escenarios.

**Palabras clave:** Simulación Industrial, Ingeniería de procesos, Ingeniería Industrial, Consulta externa, Lean Healthcare

## **Abstract**

Waiting lists to receive medical care within social security systems is not an exclusive problem for Costa Rica. Canada, England, Spain, New Zealand and Australia are pioneers in the generation of publications related to the topic and the situation facing each of these countries. The waiting lists responded to a difference between the service rate and the arrival rate, where the second is higher.

Simulation models of discrete events are a great help to support the decision-making process, because they allow to have a representation of the real system, in which it is able to make changes in the most representative variables and elements to estimate the behavior that affect response variables of interest, in this particular case we want to analyze the behavior of the waiting list of an external consultation service in an external consultation hospital when performing different calculations.

**Keywords:** simulation, healthcare, process, industrial engineering, patient's attention.

## PROYECTO 5: Identificación de fallas en instalaciones solares fotovoltaicas

### Periodo de ejecución:

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2022

**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](mailto: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 6: Sistema robotizado semiautomático para limpieza de cielorrasos metálicos en industria y matrices de paneles fotovoltaicos**

### **Periodo de ejecución:**

**Área:** Ingeniería y Tecnología

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

### **Escuelas participantes:**

Proponente Ingeniería en Electrónica

Participante Ingeniería Electromecánica

**Investigador Coordinador:** Dr. Carlos Meza Benavidez

Contacto: [cmeza@tec.ac.cr](mailto:cmeza@tec.ac.cr)

### **Resumen**

Las actividades de limpieza son monótonas y costosas pero fundamentales para cumplir con normas de sanidad o para asegurar el funcionamiento óptimo de los sistemas. Si el elemento que se requiere limpiar se encuentra a gran altura o en sitios de difícil acceso representa un riesgo importante para un operario humano. Éste es el caso de los cielorrasos metálicos de las industrias alimentarias y el conjunto de paneles de una instalación solar. Estos sistemas se encuentran a alturas elevadas y tienen propiedades comunes como que contienen estructuras metálicas y conforman áreas rectangulares. La presente propuesta plantea el desarrollo de un sistema robotizado semiautomático que tiene como objetivo reducir los costos y los riesgos asociados a la limpieza de cielorrasos metálicos y matrices de paneles solares fotovoltaicos. El proyecto se desarrollará en conjunto con la empresa Ecohemia quién estará cubriendo la totalidad de los gastos operativos del proyecto. Robos de limpieza, fotovoltaico, industria alimentaria

### **Abstract**

Cleaning activities are monotonous and expensive but essential to comply with sanitation standards or to ensure optimal operation of systems. If the element that needs to be cleaned is located at high altitude, it represents an important risk for a human operator. This is the case of metal ceilings of food industries and arrays of panels of a photovoltaic installation. These systems have several common properties such as containing metal structures and forming rectangular areas. This

proposal proposes the development of a semi-automated robotic system that aims to reduce the costs and risks associated with the cleaning of metal ceilings and arrays of photovoltaic panels. The project will be developed jointly with the company Ecohemia who will be covering all the operational expenses of the project Cleaning Robot, Photovoltaic, Food Industry

## **PROYECTO 7: Estudio de matrices extracelulares conductoras (MECC) para el crecimiento de células in vitro**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Médicas y de la Salud

**Sub área:** Biotecnología de la salud

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Electrónica

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dr. Juan José Montero Rodríguez

Contacto: [jjmontero@tec.ac.cr](mailto:jjmontero@tec.ac.cr)

## **Resumen**

En este proyecto se pretende estudiar el efecto de una matriz porosa, producida en condiciones supercríticas a la cual se le ha agregado un polímero conductor de la electricidad en estudios in vitro. Esta matriz conductora podría funcionar como una matriz extracelular para el crecimiento de tejido biológico. Los resultados obtenidos permitirían mejorar las metodologías de crecimiento de tejido biológico, tales como mioblastos de músculo esquelético o células neuronales, lo cual traería beneficios a la salud pública. La inyección de células suspendidas en un medio apropiado, ha constituido por excelencia una de las mejores maneras de realizar terapia celular en las zonas dañadas. El crecimiento celular requiere de matrices extracelulares (MEC) que simulen las condiciones naturales de crecimiento. La matriz extracelular desempeña un papel importante en la morfogénesis de tejidos y órganos, el mantenimiento de la estructura y función de las células y los tejidos, además de afectar la respuesta del huésped ante diversos estímulos. Existen tejidos que requieren estimulación eléctrica, tales como células nerviosas y músculo esqueléticas. Dado lo anterior es que la ingeniería de tejidos busca por medio de andamios recubiertos de células funcionales mejorar la regeneración muscular. Al proveer un soporte, así como el adecuado estímulo eléctrico, no sólo se genera una ubicación más controlada de las células, sino que también provee el microambiente adecuado para que se dé una acción sinérgica entre señales biofísicas y biomecánicas que mimetizan tanto in vivo como in vitro el nicho de las células musculares, lo cual permite su expansión y posterior regeneración normal. En este trabajo se pretende estudiar la viabilidad de una matriz porosa constituida por un polímero conductor electro-estimulable, en el

crecimiento y diferenciación de tejido muscular. La evaluación del crecimiento celular se caracterizará con técnicas de última tecnología, que permiten la evaluación en 3D del desarrollo celular en dichos andamios, esto permitirá comprender las características óptimas de los andamios que propicien que dicho crecimiento produzca tejidos diferenciados y tener una noción de los mecanismos que participan en el crecimiento, fijación y diferenciación celular.

**Palabras clave:** Matriz extracelular, polímero, señales eléctricas, diferenciación celular, electro-estimulación

## **Abstract**

This proposal is intended to study the effect of a conductive porous matrix, produced under supercritical conditions, as an electrically conductive polymer in vitro studies. This conductive matrix could function as an extracellular matrix for the growth of biological tissue. The in vitro results would allow improving the methodologies of growth of biological tissue, such as skeletal muscle myoblast or neuronal cells, which would bring benefits to the public health. An Injection of suspended cells into an appropriate medium has been one of the best ways to perform cell therapy in damaged areas. Cell growth requires extracellular matrices (ECMs) that simulate natural growth conditions. The extracellular matrix plays an important role in the morphogenesis of tissues and organs, maintenance of the structure and function of cells and tissues, as well as affect the host response to various stimuli. There are tissues that require electrical stimulation, such as nerve cells and skeletal muscle. Given the above is that tissue engineering seeks through

scaffolds coated with functional cells to improve muscle regeneration. Providing a support, as well as adequate electrical stimulation, not only generates a more controlled location of the cells, but also provides the appropriate microenvironment for a synergistic action between biophysical and biomechanical signals that mimic both in vivo and in vivo vitro the niche of the muscular cells, which allows its expansion and subsequent normal regeneration. In this work we intend to study the viability of a porous matrix constituted by an electro-stimulable conductive polymer, in the growth and differentiation of muscle tissue. The evaluation of cellular growth will be characterized by techniques of the latest technology, which allow the 3D evaluation of the cellular development in these scaffolds, this will allow to understand the optimal characteristics of the scaffolds that propitiate that this growth produces differentiated tissues and to have a notion of the mechanisms that participate in cell growth, fixation and differentiation.

**Keywords:** Extracellular matrix, polymer, electrical signals, Cellular differentiation, electro-stimulation

## **PROYECTO 8: 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 2022

**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](mailto: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 9: Modelo de predicción de la pobreza en Costa Rica: Una herramienta para los programas de asistencia social**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Computación y Ciencias de la Información

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Administración de Empresas

**Investigador Coordinador:** Dr. Martín Solís Salazar

Contacto: [marsolis@tec.ac.cr](mailto:marsolis@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Los programas de asistencia social orientados a combatir la pobreza requieren de un método para definir quiénes son los beneficiarios. El método debe ser capaz de identificar a las personas en condiciones de pobreza e incluso discriminar entre quienes se encuentran en situaciones de mayor pobreza o vulnerabilidad, ya que generalmente los recursos son limitados. Uno de los métodos más utilizados por organismos internacionales y organizaciones gubernamentales es el Proxy Mean Test (PMT). Este test intenta predecir la pobreza mediante una ecuación que se construye con un número pequeño de variables de las encuestas de hogares. Varios estudios llevados a cabo en diferentes países han demostrado que el Proxy Mean Test incluyó cantidades significativas de hogares no pobres como beneficiarios de programas sociales y a la vez excluyó otros que se encuentran en condiciones de pobreza (i.e Lucia, 2014; Kidd y Wyldi, 2011). Incluso hay un estudio realizado en Costa Rica (Delgado, 2017), donde se demuestra que el PMT pudo haber ocasionado errores de inclusión de 29% en el programa Avancemos y 21% en el programa de bienestar familiar del IMAS. Por esta razón en la presente investigación se propone generar un método para predecir el grado de pobreza de los hogares utilizando algoritmos de aprendizaje de máquina. Para entrenar y evaluar los algoritmos propuestos se usarán datos de la encuesta de hogares de propósitos múltiples que se realiza todos los años en Costa Rica por parte del Instituto Nacional de Estadística y Censos. Esta investigación podría contribuir a que se asignen de mejor manera los recursos destinadas a la atención de la pobreza, y mejorar así la efectividad de los programas sociales. Además, también podría ser de utilidad a organismos

internacionales como el Banco Mundial que hoy en día aún utilizan el PMT para identificar a hogares en condiciones vulnerables.

**Palabras clave:** pobreza, Proxy Mean Test, aprendizaje de máquina

## **Abstract**

Social assistance programs aimed at combating poverty require a method to define the beneficiaries. The method must be able to identify people in conditions of poverty and even discriminate between those who are in situations of greater poverty or vulnerability since resources are generally limited. One of the most used methods by international organizations and government organizations is the Proxy Mean Test (PMT). This test attempts to predict poverty through an equation that is constructed with a small number of variables from household surveys. Several studies carried out in different countries have shown that the Proxy Mean Test included significant amounts of non-poor households as beneficiaries of social programs and at the same time excluded others that are in poverty (ie Lucia, 2014; Kidd and Wyldi, 2011). There is even a study conducted in Costa Rica (Delgado, 2017), which shows that the PMT may have caused errors of inclusion of 29% in the Advance program and 21% in the IMAS family welfare program. For this reason, in the present investigation, it is proposed to generate a method to predict the degree of household poverty using machine learning algorithms. To train and evaluate the algorithms, the multi-purpose household survey that is carried out every year in Costa Rica by the National Institute of Statistics and Censuses

will be used. This research could contribute to a better allocation of resources destined to the attention of poverty, and thus improve the effectiveness of social programs. In addition, it could also be useful to international organizations such as the World Bank that today still use the PMT to identify households in vulnerable conditions.

**Keywords:** poverty, Proxy Mean Test, machine learning,

## **PROYECTO 10: 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 01 de abril del 2022

**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](mailto: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 11: Impactos e impulsores de la herbivoría de insectos en el ciclo de nutrientes en los bosques a nivel mundial**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de junio del 2020 al 30 de junio del 2021

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Ing. María Rodríguez Solís, M.Sc.

Contacto: [maria.rodriguez@tec.ac.cr](mailto:maria.rodriguez@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Un grupo de investigación de ecología forestal de la Universidad de Lun invita al Tec a ser parte de un proyecto global que estudia el impacto y factores de control de los insectos herbívoros en la biomasa y el almacenamiento de carbono. La función del TEC es establecer y monitorear un ensayo en un Bosque Seco Tropical para generar información que caracterice la herbivoría mensual de un ecosistema prístino. En otros países se estudia el efecto en bosques secundarios, paisajes agrícolas y gradientes altitudinales y latitudinales. Los costos de monitoreo de campo y análisis de laboratorio serán aportados por la Universidad de Lun, Suecia, incluyendo un asistente de campo y un estudiante asistente de laboratorio. Los investigadores solo requieren supervisar y realizar 4 visitas de campo, y por lo sencillo del ensayo y supervisión no se requiere de horas investigador. Este estudio tiene un gran impacto científico y para el TEC es una gran oportunidad de aprovechar su experiencia en ese campo y ser parte de este proyecto. En los anexos se incluye una traducción de una versión abreviada del proyecto y los protocolos de campo (Anexos A, B, C). La justificación de este estudio global se debe que los modelos actuales de los impactos del cambio climático no consideran los efectos de los insectos herbívoros, fundamentales para la estructura y función del ecosistema forestal. Siempre se tratan como constantes, se incluyen como un factor de perturbación o simplemente se ignoran. Aunque se sabe que los insectos herbívoros son el grupo más diverso y abundante en especies, el impacto de los insectos en los ecosistemas forestales es en gran parte desconocido. El proyecto propuesto utilizará un nuevo enfoque interdisciplinario y pionero para proporcionar la información más completa disponible hasta la fecha de las

tasas, los factores subyacentes y los impactos finales de los aportes de nutrientes clave de los herbívoros invertebrados en los ecosistemas forestales de todo el mundo. Específicamente, se propone: (1) Establecer una red global de parcelas de monitoreo de herbivoría de insectos en los principales tipos de bosques naturales y en gradientes ambientales naturales clave (temperatura, lluvia, desarrollo de ecosistemas), así como sitios perturbados por humanos (tala, incendios, sequías, CO<sub>2</sub>), para monitorear las influencias naturales y antropogénicas en el ciclo de herbivoría y nutrientes en el contexto del cambio climático. (2) Realizar experimentos de campo y laboratorio para examinar los efectos de las excretas de herbívoros en los procesos del suelo bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad. (3) Integrar esta información en un modelo de ecosistema de vanguardia, para generar predicciones más precisas sobre el secuestro de carbono forestal bajo el cambio climático futuro. La red establecida formará la base para un esfuerzo único de monitoreo global a largo plazo. El proyecto representa una combinación de varias disciplinas para proporcionar ideas fundamentalmente novedosas en un área de importancia urgente para la sociedad como lo es el cambio climático. En el caso del TEC solo se concentrará en establecer un ensayo de herbivoría en un bosque seco muy poco alterado en el Parque Nacional de Sana Rosa por un periodo de un año siguiendo los mismos protocolos de otras regiones.

**Palabras clave:** BOSQUE SECO TROPICAL, RECICLAJE DE NUTRIENTES, COSTA RICA, HERBIVORÍA, HOJARASCA

## **Abstract**

A forest ecology research group from the University of Lun (Sweden) invites Tec to be part of a global research project that studies the impact and control factors of herbivorous insects on biomass and carbon storage. TEC's role is to establish and monitor a trial in a Tropical Dry Forest to generate information that characterizes the monthly herbivory of a pristine forest ecosystem. In other countries the Swedish group studies the effect of secondary forests, agricultural landscapes, elevational and latitudinal gradients. Field monitoring and laboratory analysis costs will be contributed by the University of Lun, Sweden, including materials, travel expenses, a field assistant and a student laboratory assistant. The researchers only need to supervise and carry out 4 field visits, and for the simplicity of the trial and supervision. This proposal therefore does not require or request neither a budget nor investigator hours. The study has a great scientific impact and for the TEC it is a great opportunity to take advantage of their experience in that field of study and be part of this project. The annexes include a translation of an abbreviated version of the project and the field protocols. Current models of the impacts of climate change do not consider the effects of herbivorous insects, fundamental for the structure and function of the forest ecosystem. They are always treated as constants, included as a disturbance factor, or simply ignored. Although herbivorous insects are known to be the most diverse and abundant group of species, the impact of insects on forest ecosystems is largely unknown. The proposed project will use a pioneering new interdisciplinary approach to provide the most comprehensive information available to date on the rates, underlying factors, and ultimate impacts of key nutrient inputs from invertebrate herbivores on forest

ecosystems worldwide. Specifically, it is proposed: (1) Establish a global network of insect herbivory monitoring stations in the main types of natural forests and at key natural environmental gradients (temperature, rainfall, ecosystem development), as well as human-disturbed sites (logging, fires, droughts, CO<sub>2</sub>), to monitor natural and anthropogenic influences on the herbivory and nutrient cycle in the context of climate change. (2) Conduct field and laboratory experiments to examine the effects of herbivorous excreta on soil processes under different conditions of temperature and humidity. (3) Integrate this information into a state-of-the-art ecosystem model, to generate more accurate predictions about forest carbon sequestration under future climate change. The established network will form the basis for a single long-term global monitoring effort. The project represents a powerful combination of various disciplines to provide fundamentally novel ideas in an area of urgent importance to society such as climate change.

**Keywords:** TROPICAL DRY FOREST, NUTRIENT CYCLING, COSTA RICA, HERBIVORY, LITTER, LITTER BIOMASS, CARBON CYCLING.

## **PROYECTO 12: Impulso tecnológico a los sistemas agroforestales para la producción sostenible de fibras naturales para exportación: cultivo de abacá (*Musa textilis* Née) como alternativa versátil para productores rurales en Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Agricultura, forestería y pesca

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Biología

Participante Escuela de Química

Participante Escuela de Agronomía

**Investigador Coordinador:** Dr. Dagoberto Arias Aguilar

Contacto: [darias@tec.ac.cr](mailto:darias@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Costa Rica ha realizado diversos esfuerzos para reducir la deforestación, manejar y conservar los bosques, reforestar y establecer sistemas agroforestales (SAF). Ello lo ha posicionado como uno de los países latinoamericanos, que ha recuperado su cobertura forestal de manera satisfactoria. Estos esfuerzos además han promovido el desarrollo sostenible y equitativo en las zonas rurales, a fin de contribuir con la política de Cambio Climático y Carbono Neutralidad planteada por el Gobierno de nuestro país. De esta manera, pequeños y medianos productores han jugado un papel importante en este logro nacional, pues las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales son actividades que producen madera, son rentables, diversifican la producción en las fincas y prestan servicios ambientales que colaboran en la reducción del cambio climático. Asimismo, protegen la biodiversidad, el agua y generan belleza escénica (ONF, 2013) 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*, pariente cercana del banano y 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. Cada tallo debe cortarse en tiras, las cuales son raspadas en una máquina para remover la pulpa. El contenido de lignina está por encima del 15%. El abacá es valorado por su gran resistencia mecánica, siendo una de las fibras más resistentes y que no sufren deterioro al estar en agua salada. 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. Se tiene evidencia científica que el cultivo y la fibra tiene mejores características si se maneja bajo sombra. La problemática que justifica el proyecto propuesto por el TEC viene respaldada por las cartas de apoyo que apuntan hacia la falta de conocimiento científico tecnológico sobre sistemas agroforestales para la diversificación del cultivo de abacá que permita nuevos usos para darle mayor valor agregado al producto de exportación y abrir nuevos emprendimientos a nivel nacional. Interesa la producción de fibra bajo sombra en sistemas agroforestales, utilizando especies de 2 maderas valiosas, con buenas prácticas que permita alcanzar la certificación RainForest Alliance y con modalidad de producción orgánica. Actualmente hay más de 100 pequeños productores de comunidades indígenas en baja Talamanca que requieren el acompañamiento técnico de este proyecto (se adjunta un video explicativo en este link: [https://drive.google.com/open?id=1qBL\\_O47vNHTZ6ltPSofT6EzFpb6vNUXg](https://drive.google.com/open?id=1qBL_O47vNHTZ6ltPSofT6EzFpb6vNUXg))

**Palabras clave:** Musa textilis, abaca, agroforestería, fibras naturales, especies maderables, cultivo in vitro

## Abstract

Costa Rica has made various efforts to reduce deforestation, manage and conserve forests, reforest and establish agroforestry systems (AFS). This has positioned it as one of the Latin American countries that has recovered its forest cover in a

satisfactory manner. These efforts have also promoted sustainable and equitable development in rural areas, in order to contribute to the policy of Climate Change and Carbon Neutrality proposed by the Government of our country. In this way, small and medium producers have played an important role in this national achievement, since forest plantations and agroforestry systems are activities that produce wood, are profitable, diversify production on farms and provide environmental services that help reduce climate change. They also protect biodiversity, water and generate scenic beauty. Abaca, also known as Manila hemp, produces a natural fiber that is extracted from the pod of leaves surrounding the stem of the Musa textilis plant, a close relative of the banana and native to the Philippines, which has been widely distributed in the humid tropics. It is mainly used for the production of special papers and more than 300 products are reported worldwide, being widely known tea bags and coffee filters. Each stem must be cut into strips, which are scraped in a machine to remove the pulp. The lignin content is above 15%. The abaca is valued for its great mechanical strength, being one of the most resistant fibers and do not suffer deterioration by salt water. There is no scientific information, but the fiber of Costa Rica has properties superior and different to those of Ecuador and the Philippines, so its use is reserved for very specialized products. It is also known that the yield per unit area is superior in Costa Rica. There is scientific evidence that the crop and fiber have better characteristics if handled under shade. The problem that justifies the project proposed by the TEC is the lack of scientific and technological knowledge about agroforestry systems in association with the cultivation of abaca and about new uses that will give greater added value to the export product and open new ventures at the national level. The production of fiber under

shade in agroforestry systems, using valuable wood species, with good practices under RainForest Alliance certification and with organic production modality is of interest. Currently, there are more than 100 small producers from indigenous communities in Lower Talamanca who require technical support for this project.

**Keywords:** *Musa textilis*, abaca, agroforestry, natural fibers, timber species, in vitro cultivation.

## **PROYECTO 13: Implementación de tecnologías y aplicaciones de bajo costo para el estudio de la fisiología de especies arbóreas del trópico mesoamericano como herramienta para su conservación.**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Otras Ciencias Naturales

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Física

**Investigador Coordinador:** Dr. Dagoberto Arias Aguilar

Contacto: [darias@tec.ac.cr](mailto:darias@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Existe una reducida de estudios consideran los aspectos ecofisiológicos de las especies tropicales, debido al alto costo de la instrumentación, dificultad de adaptarse a las condiciones de los bosques tropicales y poseer metodologías complejas o limitadas a condiciones de laboratorio y con personal altamente calificado. Si se combina con que Costa Rica cuenta con más de 2000 especies arbóreas, la limitación actual de investigación es muy limitada y en ciertos aspectos subutilizada al gran recurso biológico que cuenta el país. En contra parte la evolución tecnológica de la última década ha permitido desarrollar y comercializar dispositivo, microcontroladores a un precio accesible y con una calidad de resolución que permitiría con conocimiento científico desarrollar instrumentación con la misma calidad, precisión y eficiencia de los equipos existentes en el mercado. El proyecto propuesto pretende Integrar en un dispositivo las aplicaciones de los principios ópticos y colorimétricos que ayuden a la caracterización y estudios de atributos fisiológicos de especies tropicales como herramienta para su conservación. Se pretende implementar un microscopio de papel de bajo coto, complementado con un dispositivo de uso múltiple que permita caracterizar macroscópicamente, colorimétricamente e hiperespectralmente. El desarrollo del dispositivo pretende que tenga una funcionalidad y precisión compatible con los dispositivos existentes en mercado; en el desarrollo del dispositivo se pretende la validación de cada módulo del equipo que sea complementario con el microscopio y sea operativo con muestras de madera y hojas. Estos elementos permitirán que la ecofisiología se convierta en una herramienta fundamental como criterio de identificación de especies (permite entender y cuantificar características únicas

de cada especie), para el entendimiento de los bosques, para comprender la dinámica de acumulación de carbono, conservación de agua y medio subsistencia de especies de fauna amenazada.

**Palabras clave:** Instrumentación, fisiología, anatomía, colorimetría.

### **Abstract**

There is a reduced number of studies considering the ecophysiological aspects of tropical species, due to the high cost of instrumentation, difficulty adapting to tropical forest conditions and having complex methodologies or limited to laboratory conditions and with highly qualified personnel. If it is combined with Costa Rica having more than 2000 tree species, the current research limitation is very limited and in certain aspects underutilized the great biological resource that the country has. On the other hand, the technological evolution of the last decade has allowed the development and commercialization of devices, microcontrollers and microprocessors at an accessible price and with a quality of resolution that would allow with scientific knowledge to develop instrumentation with the same quality, precision and efficiency of the existing equipment in the market. The proposed project aims to integrate in a device the applications of the optical and colorimetric principles that help the characterization and studies of physiological attributes of tropical species as a tool for their conservation. It is intended to implement a low-level paper microscope, complemented with a multiuse device that allows macroscopically and hyperspectrally characterization. The

development of the device is intended to have a functionality and accuracy compatible with existing devices in the market; in the development of the device, the validation of each module of the equipment that is complementary to the microscope and is operative with samples of wood and leaves is intended. These elements will allow ecophysiology to become a fundamental tool as a criterion for the identification of species (allows understanding and quantifying unique characteristics of each species), for the understanding of forests, to understand the dynamics of carbon accumulation, water conservation and medium subsistence of threatened fauna species.

**Keywords:** Instrumentation, physiology, anatomy, colorimetry.

## **PROYECTO 14: Dinámica de la cobertura forestal y humedales de Costa Rica: bases de datos 1960/45 para la comprensión de los procesos de restauración y deterioro de los servicios ecosistémicos**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Ing. Dorian Carvajal Vanegas

Contacto: [dcarvajal@tec.ac.cr](mailto:dcarvajal@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El análisis de tendencias de cambio de la cobertura forestal se ve matizado por procesos de deforestación y de recuperación. Costa Rica ha pasado por diferentes etapas, hasta finales de 1990 predominó los procesos de deforestación y luego ha seguido una etapa de procesos recuperación de la cobertura forestal como resultado de cambios en la política, la economía y las leyes. Entender estas dinámicas de cambio de cobertura, permite evaluar el impacto de las estrategias de conservación y de desarrollo del país, permitiendo a los decisores acceder a una información científica que les faculte una mejor toma de decisiones. Los programas de pago de servicios ambientales, la red de áreas de conservación y corredores biológicos, y la planificación del uso de los recursos, requieren de una acertada clasificación del uso de la tierra y de la cobertura forestal, para lograr una mejor planificación y evaluación de sus programas. Por eso desde 1986, se ha logrado levantar una información de capas con niveles de resolución muy aceptables (3 ha unidad de mapeo). Entre 1972 y 1985 se generó algunas capas de cobertura y uso de la tierra, pero con un nivel de resolución poco aceptable (+60 ha unidad de mapeo). Estas diferencias se deben a las diferentes resoluciones de las imágenes que generaban los distintos satélites disponibles desde 1972. Antes de 1970 las estimaciones de cobertura forestal son verdaderamente imprecisas, dado que fueron realizadas con fuentes de información no verificables. Para lograr una base de datos completa, se requiere de una línea base con la cual se pueda comparar los cambios al delimitar las coberturas originales del país. Esta línea base se puede construir digitalizando las hojas cartográficas de los años 1960 y 1945, que cuentan con una delineación de la cobertura forestal por

interpretación de fotografías áreas de esos años. Esta base nunca ha sido disponible en formato digital y es un desperdicio de información que en esta propuesta proponemos corregir. Esta base será un gran aporte para el análisis científico de los cambios de diferentes ecosistemas, bosques y humedales, durante el tiempo, dado que se constituye en la mejor línea base de comparación. Esta base permitirá por ejemplo indicar la pérdida real de la extensión de manglares, humedales lacustres, permitirá evaluar la fragmentación de los bosques originales y su nivel de recuperación o pérdida, como también realizar un análisis de tendencias y los factores que han promovido tanto la deforestación como la restauración.

**Palabras clave:** Bosque, humedales, cobertura forestal, servicios ecosistémicos, digitalización.

### **Abstract**

The analysis of trends in forest cover change is nuanced by deforestation and recovery processes. Costa Rica has gone through different stages, until the late 1990s the processes of deforestation predominated, then a stage of forest cover recovery processes followed as a result of changes in policy, economy and laws. Understanding these dynamics of change of coverage, allows to assess the impact of conservation and development strategies in the country, allow decision makers to access scientific information that allows them to make better decisions. Payment programs for environmental services, the network of conservation areas and biological corridors, and resource use planning, require a proper classification of land use and forest cover, to achieve better planning and evaluation

of your programs That is why since 1986, it has been possible collect information from layers with very acceptable resolution levels (3 ha mapping unit). Between 1972 and 1985, some layers of land cover and use were generated, but with an unacceptable level of resolution (+60 ha mapping unit). These differences are due to the different resolutions of the images generated by the different satellites available since 1972. Before 1970, forest cover estimates are truly inaccurate, since they were made with unverifiable sources of information. To achieve a complete database, a baseline is required with which the changes can be compared by delimiting the country's original forest cover. This baseline can be constructed by digitizing the cartographic sheets of the 1960s and 1945s, which have a description of the forest cover by interpreting photographs of those years. This base has never been available in digital format and is a waste of information that in this proposal we propose to correct. This base will be a great contribution to the scientific analysis of the changes of different ecosystems, forests and wetlands, over time, since it constitutes the best basis for comparison. This base will allow, for example, to indicate the real loss of the mangrove extension, the wetlands, will allow to evaluate the fragmentation of the original forests and their level of recovery or loss, as well as to carry out an analysis of trends and on the factors that have promoted both deforestation and restoration.

**Keywords:** Forest, wetlands, forest cover, environmental services, digitization.

## **PROYECTO 15: Mejoramiento del paquete tecnológico de producción clonal en ambiente protegido de *Tectona grandis* y *Cordia alliodora***

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Agricultura, forestería y pesca

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Ingeniería Agrícola

Participante Ingeniería de los Materiales

**Investigador Coordinador:** Ing. Yorleny Badilla Valverde, M.Sc.

Contacto: [ybadilla@tec.ac.cr](mailto:ybadilla@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Costa Rica cuenta desde el año 2002, con la Cooperativa Mejoramiento Genético Forestal (GENFORES), que tiene como objetivo el mejoramiento de la productividad de las plantaciones forestales de la región. En todos estos años se ha logrado seleccionar, propagar, multiplicar y evaluar materiales superiores. Para la reproducción de los materiales seleccionados, se ha adaptado la técnica de propagación con miniestaquillas, basado en minijardines clonales en ambiente protegido. Cuyos principales beneficios son la uniformidad de las plantas producidas, la captura del 100% del ADN de los árboles seleccionados, un control eficiente ambiental y de las actividades de manejo del minijardín clonal. Sin embargo, al adaptarse el invernadero clonal a especies tropicales como la teca, melina y algunas nativas, se ha encontrado grandes vacíos de conocimiento. Entre ellos los más importantes se relacionan con un desconocimiento de sus necesidades nutricionales, el efecto del sustrato en el desarrollo radicular de las plantas madre, programación óptima del fertirriego, densidad óptima de siembra en los minijardines, frecuencia de cosecha, posibilidad de utilizar reguladores de crecimiento, entre otros. Los costos de producción de plantas en general, son sumamente altos y no competitivos a nivel internacional. El uso de clones se ha generalizado en el país en más de un 60% dado su impacto en la producción de madera. Existe una demanda creciente de asistencia técnica en materia de técnicas de producción de clones, no solo en el país, sino también en la región latinoamericana. El último manual técnico sobre el tema fue publicado en el 2004, basado en un paquete tecnológico de pequeña y mediana escala de producción. Mientras que la técnica sobre el tema ha evolucionado notablemente en los

últimos 10 años. Por tanto, este proyecto propone mejorar el paquete tecnológico y disminuir los costos de producción de clones a nivel comercial de las especies *Tectona grandes* (teca), la de mayor tasa de reforestación en la región tropical latinoamericana y, *Cordia alliodora* (laurel), una de las especies nativas con mayor proyección y demanda creciente en el mercado por su calidad de madera en el país. Con cuyo conocimiento se desarrollará un Manual Técnico actualizado sobre el tema que permitirá ampliar la proyección y soporte técnico al sector forestal regional.

**Palabras clave:** silvicultura clonal, teca, laurel, sustratos, ambiente protegido, absorción de nutrientes, costos de producción, fertirriego, reguladores de crecimiento,

## **Abstract**

Since year 2002, Costa Rica develops the Tree Improvement Cooperative (GENFORES) with the aim of improving plantations productivity in the región. In these years it has been possible the selection, propagation and comercial production of plus trees. Mini cuttings have been the best option of comercial reproduction, based on mini clonal gardens managment under environmental-controlled conditions. Among its benefits there are uniformity in plants production, capture of 100% of DNA from superior trees, an efficient environmental control conditions. However, when this technology was adapted to tropical tree species like teak, melina and some native species, it has been found several and important gaps of knowledge. Among others, the most important are related to nutrition needs, fertilization programs, substrate quality, clonal garden plant density, harvest

frequency, irrigation programming, etc. Production costs in our conditions are very high and non competitive internationally. Besides, clone's usage has been generalized in the country over 60% of the planted area due to its effect in wood production. A demand on technical support about this matter is growing not only in Costa Rica, but in the Latin American region. The last technical manual was published in year 2004, based on a technological package related to small and medium size producers. The techniques on this issue have been evolving rapidly and notably in the last 10 years. Therefore, this project pretends to improve the technological package of clonal production at comercial scale of *Tectona grandes* teak), the tree most planted in the Latin American tropical region and, *Cordia alliodora* (laurel), one of the most promising native trees. As part of the main products of the project, there will be an actualized technical manual, which will allow to provide technical support and projection to the forestry sector in the región.

**Keywords:** clonal forestry, teak, laurel, substrates, nutrients uptake, costs, irrigation, clonal garden, growth regulators

## **PROYECTO 16: Técnicas de silvicultura intensiva para el aumento de la productividad de plantaciones clonales de teca y melina**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ciencias Naturales, Ciencias AGronómicas

**Sub área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente, Agricultura, forestería y pesca

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Ing. Mario Guevara Bonilla, M.Sc.

Contacto: [maguevara@tec.ac.cr](mailto:maguevara@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La ausencia de paquetes tecnológicos actualizados referentes a técnicas de silvicultura intensiva en plantaciones clonales de teca y melina es una de las serias deficiencias que presenta el sector reforestador costarricense. Con la finalidad de revertir esta situación esta propuesta de investigación pretende generar protocolos de silvicultura intensiva para el incremento de la productividad y calidad y valor económico de plantaciones clonales de teca y melina tanto para producción de madera para aserrío como para producción de tarimas. A través del método de análisis de casos se evaluará e intervendrá en plantaciones de teca y melina con problemas serios de productividad. De manera simultánea se establecerán plantaciones piloto con ambas especies, donde se aplicará todas las técnicas desarrolladas que permitan eliminar todas las barreras o limitantes de producción (preparación del suelo, drenaje, corrección de acidez, fertilización, control de maleza, espaciamiento óptimo, uso de clones de alto rendimiento, entre otros). Con base en estas experiencias de campo, se pretende mejorar los paquetes tecnológicos existentes en plantaciones clonales de teca y melina. Así también se incluirá una nueva modalidad silvicultural de producción intensiva de madera para tarimas en 30 meses, aplicando todos los conocimientos mencionados. Como parte del proyecto se determinará un nuevo modelo de costos de silvicultura intensiva para ambas especies. Esta propuesta viene a continuar los esfuerzos realizados por el grupo de silvicultura intensiva en el proyecto “Desarrollo de un programa de silvicultura intensiva para el aumento de la productividad de plantaciones forestales”, incorpora el elemento innovador de ver la respuesta específica de clones a la aplicación de enmiendas y fertilización y pretende

unificar conocimientos sobre las mejores técnicas silviculturales desarrolladas en los últimos años por la Escuela de Ingeniería Forestal, en vinculación directa con las empresas del país.

**Palabras clave:** Tectona grandis, Gmelina arborea, Costa Rica, Silvicultura intensiva

### **Abstract**

The absence of updated technological packages concerning intensive forestry techniques in clonal plantations of teak and melina is one of the serious shortcomings of the Costa Rican reforestation sector. With the purpose of reversing this situation, this research proposal aims to generate intensive forestry protocols for the increase in productivity and quality and economic value of clonal plantations of teak and melina both for timber production for sawmill and for pallet production. Through the case analysis method, teak and melina plantations with serious productivity problems will be evaluated and intervened. Simultaneously, pilot plantations with both species will be established, where all the techniques developed that will eliminate all barriers or production limitations (soil preparation, drainage, acidity correction, fertilization, weed control, optimal spacing, use of high-performance clones, among others). Based on these field experiences, it is intended to improve the existing technological packages in clonal plantations of teak and melina. This will also include a new silvicultural modality of intensive wood production for pallets in 30 months, applying all the aforementioned knowledge. As part of the project, a new intensive forestry cost model will be determined for both species. This proposal continues the efforts made by the

intensive forestry group in the project "Development of an intensive forestry program to increase the productivity of forest plantations", incorporates the innovative element of seeing the specific response of clones to the application of amendments and fertilization and intends to unify knowledge on the best silvicultural techniques developed in recent years by the School of Forest Engineering, in direct connection with companies in the country.

**Keywords:** Tectona grandis, Gmelina arborea, Costa Rica, Intensive silviculture

## **PROYECTO 17: Síntesis de madera magnética a base de nano partículas de hierro en especies forestales provenientes de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica.**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología, Ciencias Agronómica

**Sub área:** Nanotecnología, Agricultura, forestería y pesca

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Física

**Investigador Coordinador:** Dr. Alexander Berrocal Jiménez

Contacto: [aberrocal@tec.ac.cr](mailto:aberrocal@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El crecimiento en el uso de redes electrónicas inalámbricas, así como también las generados por los aparatos electrónicos, como teléfonos celulares, redes locales, Internet entre otras, ha generado que la salud y la vida de las personas esté siendo afectada cada vez más por las ondas electromagnéticas. Recientemente, múltiples investigaciones buscan el desarrollo de materiales protejan a las personas de la radiación de las ondas electromagnéticas, a los que se les conoce como materiales absorbentes de ondas electromagnéticas (MAOE). Estos materiales deben cumplir con ciertas propiedades como peso ligero, delgados y alta capacidad de absorción. Varios materiales de construcción han sido desarrollados para tal fin, uno de ellos es la madera con propiedades magnéticas. En Costa Rica este tipo de materiales modificados no se han desarrollado y tampoco se han estudiado en detalle, a pesar del potencial que tiene el país, con especial énfasis en el concepto aceptado de que las maderas de plantaciones forestales son un como un importante reservorio para el almacenamiento de carbono. El presente proyecto busca producir madera con características magnéticas, de especies de plantaciones. Para esto, se tratará la madera con nanopartículas de hierro, de esta manera se buscará dar una opción de madera magnetizada en el mercado y a su vez generar un aporte de mayores beneficios para la salud de las personas y el medio ambiente. Es por esta razón que la presente propuesta desarrolla la base de conocimiento para aplicar el proceso de magnetización a madera de *Vochysia ferruginea*, *Hieronyma alchorneoides*, *Tectona grandis*, *Vochysia guatemalensis* y *Cordia alliodora*. Como objetivos específicos se tiene: Caracterizar el proceso de magnetización en productos sólidos de madera aserrada,

tableros de partículas y tableros de madera contrachapada de cinco especies de rápido crecimiento de plantaciones forestales. Los tres productos magnetizados se caracterizarán químicamente por medio de SEM, XRD, FT-IR, TGA, EDS mapping, espectroscopia de UV y se realizarán las mediciones magnéticas por medio de un magnetómetro. Las propiedades físicas y mecánicas de los tres productos magnetizados se evaluarán con los estándares tradicionales (normas ASTM) para la madera. Palabras clave magnetismo, biomateriales, ondas electromagnéticas, tableros de madera, MAOE

## **Abstract**

The growth in the use of wireless electronic networks, as well as those generated by electronic devices, such as cell phones, local networks, Internet among others, has generated that the health and life of people is increasingly affected by electromagnetic waves. Recently, multiple investigations seek the development of materials to protect people from radiation from electromagnetic waves, which are known as electromagnetic wave absorbing materials (EWAM). These materials must meet certain properties such as light weight, thin and high absorption capacity. Several building materials have been developed for this purpose, one of them is wood with magnetic properties. In Costa Rica, these types of modified materials have not been developed and have not been studied in detail, despite the potential that the country has, with special emphasis on the accepted concept that forest plantation timber is an important reservoir for carbon storage This project seeks to produce wood with magnetic characteristics of plantation species. For this, the wood will be treated with iron

nanoparticles, in this way it will seek to give a choice of magnetized wood in the market and in turn generate a contribution of greater benefits for the health of people and the environment. It is for this reason that this proposal develops the knowledge base to apply the wood magnetization process of *Vochysia ferruginea*, *Hieronyma alchorneoides*, *Tectona grandis*, *Vochysia guatemalensis* and *Cordia alliodora*. The specific objectives are: To characterize the magnetization process in solid sawn wood products, particle boards and plywood boards of five species of fast-growing forest plantations. The three magnetized products will be chemically characterized by means of SEM, XRD, FT-IR, TGA, EDS mapping, UV spectroscopy and magnetic measurements will be performed using a magnetometer. The physical and mechanical properties of the three magnetized products will be evaluated with traditional standards (ASTM standards) for wood.

**Keywords:** magnetism, biomaterials, electromagnetic waves, wood boards, EWAM

## **PROYECTO 18: Optimización del componente forestal del programa nacional de fomento de sistemas silvopastoriles carbono-neutral**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Agricultura, forestería y pesca

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Dr. Olman Murillo Gamboa

Contacto: [omurillo@tec.ac.cr](mailto:omurillo@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La ganadería es la actividad de mayor uso del suelo, presente en más de 1,5 millones de ha, aproximadamente un 30% del territorio (INEC 2014). La crisis de precios de la carne, la baja tecnología que emplean los ganaderos, junto con el robo de ganado, los embates del cambio climático y la debilidad de sus organizaciones gremiales, explican que sea hoy día una actividad vulnerable, asociada a pobreza y a bajo desarrollo humano. Las cosas empeoran dado que muchos no son sujetos de crédito por su condición legal o imposibilidad de pignorar sus bienes. Los sistemas silvopastoriles (SSP) han sido promovidos durante décadas y un abundante conocimiento ha sido generado. Sin embargo, no ocurrió un verdadero matrimonio como se esperaba entre el sector forestal y el sector ganadero. El proyecto abordará prioritariamente, pequeños y medianos ganaderos en todas las zonas bajas del país (0 a 1000 msnm). En un esfuerzo conjunto entre el FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal), CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero) y el TEC (Escuela de Ing. Forestal), se trabajará en la puesta en marcha de un programa nacional, permanente y sostenible, de conversión de fincas ganaderas en sistemas silvopastoriles carbono-neutrales. Con especial énfasis en mejorar la competitividad y la condición económica de los pequeños y medianos productores de ganado bovino, en los cantones de menor desarrollo humano del país. Estratégicamente CORFOGA ha establecido en todo el país una red de 20 Escuelas de Campo, como sitios de fomento del SSP, con lo que espera consolidar su estrategia de fomento y asistencia técnica al sector. Como parte del trabajo, el FONAFIFO buscará consolidar un modelo innovador de financiamiento (crédito + PSA) del componente forestal y

necesidades conexas del SSP. El Tec buscará optimizar el diseño del componente forestal del sistema, con el propósito de desarrollar opciones de plantación de especies maderables de alto valor comercial. Así como determinar la relación de árboles por especie para lograr un balance de carbono del SSP. Palabras clave Ganadería, silvopastoril, forestación, producción forestal, crédito rural, economía, carbon

## **Abstract**

Livestock production is the land usage activity most distributed, present in over 1.5 million ha, around 30% of the country surface (INEC 2014). Meat price crisis, low technology utilized by farmers, along with cattle theft, effects of climate change and the weakness of their organizations, explain that today it is a vulnerable activity, associated with poverty and low human development. Situation becomes worst, since most of small farmers are not subjected to credit possibilities, because of their legal condition or impossibility of using their goods to face credits. Silvopastorils systems has been promoted for decades and, an abundant amount of knowledge has been generated. However, never occurred a real marriage between forestry and livestock sectors as expected. The project will attend as a priority, small and medium farms around the country, in the lowlands of the country (0 to 1000 ovsl). In a joint effort between FONAFIFO (National Financial Forestry Found), CORFOGA (Livestock Development Corporation) and TEC (Forest Engineering School), it is going to be implemented a national permanent program for the improvement of livestock farms, to be converted into Silvopastoril Systems carbono-neutral. With special emphasis in improving competitiveness and economical situation of

small and medium cattle producers, from counties under lower human development in the country. CORFOGA strategically, has established a network of 20 Field Schools throughout the country, as capacitation sites, and expected as essential in their development strategy. As part of the strategy, FONAFIFO will develop an innovative financial model (credit + ESP) for the forestry componente of the SSP. Tec will optimize the plantation of several woody tree species in the SSP, with the purpose of developing several plantation options with highly valuable tree species. As well as determining the number of trees needed in order to achieve carbono balance in the SSP.

**Keywords:** Livestock, forestation, forest production, rural financement, forest economy, carbon

## **PROYECTO 19: Utilización de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs) en la evaluación de la calidad y estado de desarrollo de plantaciones forestales**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales, Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Computación y Ciencias de la Información, Agricultura, forestería y pesca

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Ingeniería Agrícola

**Investigador Coordinador:** Dr. Edgar Ortiz Malavasi

Contacto: [eortiz@tec.ac.cr](mailto:eortiz@tec.ac.cr)

### **Resumen**

El monitoreo de la actividad forestal normalmente requiere del establecimiento y medición de parcelas de monitoreo, con el fin de conocer las características dasométricas básicas de calidad y estado de desarrollo de las plantaciones forestales (sanidad, número de árboles/ha, diámetro y altura de los árboles), así como del volumen comercial y la cantidad de CO<sub>2</sub> acumulado. Este monitoreo es caro, los productores con contratos de PSA deben reportarlo al FONAFIFO, y también usarlo para mejorar la productividad de las plantaciones. Los VANTs han demostrado tener gran versatilidad para realizar múltiples funciones, además con el uso de sensores de fácil adaptación y cámaras alta resolución se puede derivar información de la calidad y estado de desarrollo tanto de cultivos como plantaciones forestales. Sin embargo, para esto se de protocolos para usar los VANTs eficientemente, y de modelos que relacionen los datos tomados con los VANTs, con información de campo, así como validar su exactitud. El proyecto permitirá desarrollar protocolos para el monitoreo de plantaciones forestales que reducirán los costos de las actividades de seguimiento y evaluación de las mismas, y en segunda instancia dará paso a obtener información más precisa y detallada de la salud general de los árboles, su tamaño, y productividad. Lo anterior permitirá el desarrollo de una silvicultura de precisión orientada a incrementar la productividad de las plantaciones y la reducción de costos de producción.

**Palabras clave:** Drones, Planificación de vuelos, Traslape entre fotos, Monitoreo de plantaciones forestales

## **Abstract**

Forest plantation monitoring normally requires the establishing of permanent measurement plots (PMP) to evaluate plantation variables, such as number of trees, diameter, tree height, tree diseases, as well as plantation volume and biomass. Forest plantation monitoring is expensive, plantation farmers and FONAFIFO must report it, and use this evaluation to improve the productivity of forest plantations. The unmanned aerial vehicles (UAVs or Drones) have demonstrated to have great potential to perform multiple functions, and with the use of additional sensors, and medium to high-resolution cameras it is possible to produce information to evaluate the quality and state of development of the forest plantations as well as plantations of other crops. However, its use requires protocols to use comprehensive them, and the calibration of models to relate data taken from the UAVs with tree field data, as well as to validate these models. This project was design to develop protocols to use efficiently UVAs in forest plantation monitoring, as well as, to provide precise data of tree health, their size, and productivity. The aim is to provide data to make possible the progress of a silviculture of precision to increase forest plantation productivity and to reduce management costs.

**Keywords:** Drones, Fly planning, Photo overlaps; Forest plantation monitoring

## **PROYECTO 20: Tratamiento térmico y químico como mejora del proceso de densificación de tres maderas de plantaciones forestales**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ingeniería de los Materiales

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** Dr. Roger Moya Roque

Contacto: [rmoya@tec.ac.cr](mailto:rmoya@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La densificación de la madera utilizando fuerzas de compresión combinadas con temperatura y vapor de agua es llamada densificación termo-hidro-mecánica. Sin embargo, la madera densificada es sensible a la humedad y la liberación de fuerzas internas y tiende a recuperar sus dimensiones iniciales. Este fenómeno es llamado set-recovery o recuperación de dimensiones y puede ser reducido mediante la modificación térmica y química de la madera. En Costa Rica el proceso de densificación es sumamente novedoso y está siendo aplicado a especies maderables de rápido crecimiento con densidades de menos de 0,45 g/cm<sup>3</sup>. En la actualidad ya se ha trabajado en la densificación de la madera de *Alnus acuminata*, *Vochysia ferruginea* y *Vochysia guatemalensis*, sin embargo, a pesar de que se logró aumentar su densidad hasta un 80%, la madera densificada tiende a recuperar sus dimensiones iniciales al ser sometida a cambios de humedad. Por lo que este proyecto de investigación tiene como objetivo realizar una modificación térmica posterior al proceso de densificado y una modificación química con acetilación y furfuración a la madera previo al densificado. Para comprobar los tratamientos anteriores se evaluará la estabilidad dimensional de la madera mediante absorción de agua, el porcentaje y cambios en la porosidad de la madera, aumento de la dureza y los cambios en su anatomía de la madera.

**Palabras clave:** set recovery, maderas de rápido crecimiento, densidad, calor, acetilación, furfuración

## **Abstract**

The densification of wood through the use of compressive forces combined with temperature and steam is called thermo-hydro-mechanical densification. However, densified wood is sensitive to moisture and to the release of internal forces and tends to recover its initial dimensions. This phenomenon is called set-recovery, and can be reduced by thermal and chemical modification of the wood. In Costa Rica, the densification process is extremely new and is being applied to fast growing timber species with densities of less than 0.45 g/cm<sup>3</sup>. At the present time, work has already been done on the densification of the wood of *Alnus acuminata*, *Vochysia ferruginea* and *Vochysia guatemalensis*, however, although it was possible to increase its density up to 80% the wood tends to recover its initial dimensions when subjected to changes in humidity. So, this project aims to perform a thermal modification after the densification process and a chemical modification with acetylation and furfuration prior to densification. Then densified wood will be evaluated in its dimensional stability, water absorption, the percentage and changes in the porosity of the wood, hardness and changes in its anatomy.

**Keywords:** set recovery, fast growing woods, density, heat, acetylation, furfuration.

**PROYECTO 21: COrrrosión del concreto reforzado y DEgradación de sus propiedades MECánicas (CODE\_MEC3): Etapa 3 Estudio experimental y modelación de la degradación de propiedades mecánicas del concreto reforzado por causa de la corrosión.**

**Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ingeniería de los Materiales, otras Ingenierías y Tecnologías

**Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería en Construcción

Participante Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

**Investigador Coordinador:** Lic. Rommel Cuevas Kauffmann

Contacto: [rcuevas@tec.ac.cr](mailto:rcuevas@tec.ac.cr)

**Resumen**

En el sector construcción, el concreto y el refuerzo metálico son materiales de mucha importancia, aunque sean muy vulnerables por los agentes atmosféricos, como en el caso de su degradación por corrosión. El estudio de la carbonatación del concreto por causa del gas CO<sub>2</sub>, que permea su matriz porosa y eventualmente fracturada, es un requisito fundamental para establecer la probabilidad de que el concreto se degrade, que el refuerzo metálico enfrente mecanismos de corrosión y para evaluar finalmente la durabilidad de la estructura civil. El grado de carbonatación del concreto puede indicar existencia de corrosión en la región de la varilla de refuerzo e indicar el nivel de degradación de las propiedades mecánicas del material y de los elementos de la estructura. El uso de la modelación computacional y de técnicas experimentales no destructivas para la caracterización, mediante perfilajes con rayos x o gamma, de materiales porosos como el concreto, se considera por parte de la comunidad científica un método con un elevado potencial de desarrollo. En esta tercera etapa de la hoja de ruta asociada a la investigación, el objetivo del proyecto es investigar y modelar, mediante programas computacionales de alto desempeño, el proceso de degradación de las propiedades mecánicas del concreto reforzado, como consecuencia de los fenómenos sinérgicos de carbonatación y de corrosión ambiental. Se propone llevar a cabo ensayos en cámara de carbonatación acelerada, sucesivos estudios de las muestras carbonatadas y corroídas y pruebas mecánicas con el propósito de contar con valores experimentales, mediante los cuales analizar los resultados de las simulaciones obtenidas con el modelo computacional. El fin último es el de investigar y poder predecir los cambios de las propiedades mecánicas del

concreto reforzado debido a los procesos de degradación por carbonatación y corrosión. En particular el proyecto, donde confluyen conocimientos distintos de alto valor, representa una valiosa oportunidad para desarrollar trabajo interdisciplinario, fomentando además relaciones interdepartamentales con posible establecimiento de vínculos nacionales e internacionales.

**Palabras clave:** concreto, corrosión del refuerzo, degradación mecánica, modelación computacional.

### **Abstract**

In the construction sector the concrete and the steel bars represent still the key components, although they are very vulnerable by the atmospheric agents, as in the case of their degradation caused by corrosion. The study of the concrete carbonation, due to the CO<sub>2</sub> which permeates the porous and fractured structure of the concrete, is a fundamental issue for establishing conditions of the concrete degradation. In the same time the carbonation controls the reinforcing bar corrosion and the durability of the whole civil structure. The value of the concrete carbonation may show existence of corrosion around the reinforcing bar, denote deterioration of the mechanical properties of the material and finally of the structure. Computational modeling and experimental non destructive testing for the characterization of porous materials as the concrete, by using for instance x and gamma scanning profiles, are considered both very powerful methods for the scientific community. In this third step of the route map associated to the research, the purpose of the project is to model the mechanical deterioration of the reinforced concrete, under the effect of

carbonation and corrosion. The research study considers to develop a computational work using high performing software, coupling these complex phenomena in a comprehensive model. Also, the project proposes to carry out experimental tests in an accelerated carbonation chamber, successive studies of the carbonated and corroded specimens and mechanical testing. The goal is to generate experimental values and make a comparison between these and the computational results, to validate the model experimentally. The main aim of the research is the study of the degradation process of the reinforced concrete under conditions of atmospheric carbonation and corrosion, to be able to forecast its deteriorated mechanical properties. The proposed research involves different knowledge of high values and represents an evaluable opportunity to develop interdisciplinary work, encouraging relationship between different areas with international scientific links.

**Keywords:** concrete, reinforcing bar corrosion, mechanical deterioration, computational modeling

## **PROYECTO 22: Propuesta de un índice de salud estructural para puentes (BHI) para Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 29 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Computación y Ciencias de la Información, Ingeniería Civil

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería en Construcción

**Investigador Coordinador:** Ing. Giannina Ortiz Quesada

Contacto: [gortiz@tec.ac.cr](mailto:gortiz@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Costa Rica no cuenta con una metodología rigurosa, que incluya las variables requeridas y su nivel de complejidad, para calificar la condición de la salud estructural de un puente o estructura de paso. Actualmente algunas instituciones utilizan criterios diversos para asignar una calificación a la evaluación de una estructura y esto genera que, por ejemplo, una institución califique una estructura con un 70 (escala de 0 a 100) y otra lo califique con un 4 (en una escala de 1 a 5), sin que exista una equivalencia entre escalas. Esto genera que al querer priorizar se tengan criterios diferentes. Por lo que esta propuesta pretende estandarizar un índice de la condición de la salud estructural de un puente, que permita priorizar y asignar recursos sin generar confusión y de forma objetiva. El cálculo de este índice involucra el análisis de la complejidad de variables y criterios estadísticos y probabilísticos.

**Palabras clave:** salud estructural, evaluación, monitoreo, inteligencia de negocios

## **Abstract**

Costa Rica does not have a methodology, which includes the required variables and its level of complexity, to qualify the structural health condition of a bridge or passage structure. Currently, some institutions use different criteria to assign a rating to the evaluation of a structure and this causes, for example, an institution to rate a structure with a 70 (scale from 0 to 100) and another one to rate it with a 4 (on a scale 1 to 5), without there being an equivalence between scales. This results in wanting to prioritize having different criteria. Therefore, this

proposal intends to standardize an index of the structural health condition of a bridge, which allows prioritizing and allocating resources without generating confusion and in an objective way. The calculation of this index involves the analysis of the complexity of variables and statistical and probabilistic criteria.

**Keywords:** structural health, evaluation, monitoring, business intelligence

## **PROYECTO 23: Implementación de técnicas no invasivas para el estudio patológico en edificaciones patrimoniales**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Conservación del Patrimonio

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Participante Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Dr. David Porras Alfaro

Contacto: [dporras@tec.ac.cr](mailto:dporras@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La conservación del patrimonio es una necesidad para cualquier país, dada su relevancia en el fortalecimiento del sentido de pertenencia e identidad nacional. En un período de crisis como el actual, donde la situación económica amenaza con restringir presupuestos para el patrimonio cultural, es fundamental gestionar eficientemente los recursos para su conservación e invertirlos desde un criterio científico. Generalmente, el estudio de edificios patrimoniales requiere un análisis desde la patología de la construcción para poder definir su estado de conservación. Tradicionalmente las técnicas utilizadas son muy básicas, principalmente centradas en identificación visual de las lesiones presentes en los materiales y mediante procedimientos destructivos, que requieren recolectar muestras del material y la estructura para procesarla en el laboratorio, que puede resultar desfavorable respecto a la integridad del edificio. Adicionalmente, en ocasiones la lesión es de difícil o peligroso acceso lo que complica el proceso de evaluación de lesiones en edificaciones patrimoniales. Por lo que es necesario el uso correcto y con respaldo científico de técnicas no invasivas que ayuden a mejorar la eficiencia y eficacia de los procedimientos y las soluciones. El proyecto, desarrollado desde una perspectiva multidisciplinar, busca generar conocimiento y experiencia en la implementación de técnicas no invasivas, como termografía, fotogrametría, ultrasonido, digitalización mediante escáner láser, microscopía, entre otras, para el estudio patológico de edificaciones patrimoniales costarricenses. Se eligió, como caso de estudio el Museo Nacional de Costa Rica por ser un conjunto de edificaciones patrimoniales emblemáticas y protegidas por ley, en las cuales se pueden analizar lesiones en diversos tipos de

materiales, variados sistemas constructivos del siglo XIX y XX utilizados comúnmente en el país, ofreciendo la oportunidad de estudiarlas en un solo lugar; además, se cuenta con un amplio proceso documentado de intervenciones, al menos durante los últimos 13 años. Este proyecto ofrece una oportunidad de vinculación del TEC con el Museo Nacional de Costa Rica, una institución de amplio prestigio en la conservación del patrimonio cultural y natural, siendo de beneficio mutuo la generación de conocimiento en cuanto a la implementación de técnicas no invasivas aplicadas al patrimonio, que permita el mejoramiento de procesos en esta materia a nivel nacional. Al finalizar el proyecto los principales productos serán al menos un artículo científico para publicar en una revista indexada, una guía para el análisis patológico de edificaciones patrimoniales mediante la aplicación de técnicas no invasivas; una exposición conjunta TEC - Museo Nacional de Costa Rica, centrada en la perspectiva arquitectónica, histórica y patológica del inmueble, y el uso de técnicas no invasivas al servicio del análisis patológico de edificaciones patrimoniales; además del expediente digital (base de datos) del Museo Nacional y la memoria técnica del estudio histórico y arquitectónico del complejo edificatorio del Museo Nacional. Estos productos servirán de insumo a los profesionales para la correcta toma de decisiones a la hora de establecer los procesos de conservación y restauración de edificios patrimoniales costarricenses.

**Palabras clave:** Patología de la construcción, patrimonio edificado, lesiones de edificaciones, patrimonio cultural, Costa Rica.

## **Abstract**

The conservation of heritage is a necessity for any country, given its relevance in strengthening the sense of belonging and national identity. In a period of crisis like the current one, where the economic situation threatens to restrict budgets for cultural heritage, it is essential to efficiently manage resources for their conservation and invest them from a scientific criterion. Generally, the study of heritage buildings requires an analysis of the construction pathology in order to define their conservation status. Traditionally, the techniques used are very basic, mainly focused on visual identification of the injuries present in the materials and through destructive procedures, which require collecting samples of the material and structure to process it in the laboratory, which can be unfavorable with the integrity of the building. Additionally, sometimes the damage is difficult or dangerous to access, which complicates the process of assessing injuries in heritage buildings. Therefore, the correct and scientifically supported use of non-invasive techniques that help improve the efficiency and effectiveness of procedures and solutions is necessary. The project, developed from a multidisciplinary perspective, seeks to generate knowledge and experience in the implementation of non-invasive techniques, such as thermography, photogrammetry, ultrasound, laser scanning and microscopy, among others for the pathological study of Costa Rican heritage buildings. The National Museum of Costa Rica was chosen as a case of study because it is a set of emblematic heritage buildings and they are protected by law, in which damages can be analyzed in different types of materials, various construction systems of the XIX and XX century commonly used in the country, offering the opportunity to study them in one place; in addition, there is an extensive

documented process of interventions, at least during the last 13 years. This project offers an opportunity to link the Instituto Tecnológico de Costa Rica with the National Museum of Costa Rica, an institution of great prestige in the conservation of cultural and natural heritage, with the mutual benefit of generating knowledge regarding the implementation of non-invasive techniques applied to heritage that allows the improvement of processes in this matter at the national level. At the end of the project, the main products will be at least one scientific article to publish in an indexed journal, a guide for the pathological analysis of heritage buildings through the application of non-invasive techniques; a joint exhibition TEC - National Museum of Costa Rica, focused on the architectural, historical and pathological perspective of the property, and the use of non-invasive techniques at the service of the pathological analysis of heritage buildings; in addition to the digital file (database) of the National Museum and the technical memory of the historical and architectural study of the building complex of the National Museum. These products will serve as input for professionals for the correct decision making when establishing the processes of conservation and restoration of Costa Rican heritage buildings.

**Keywords:** Construction pathology, building heritage, building damage, cultural heritage, Costa Rica. P

## **PROYECTO 24: El diseño del paisaje urbano desde la diversidad social, cultural y ambiental del Conjunto del Paseo de las Damas en Costa Rica: Caso de los Parques Nacional, España y Morazán**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Humanidades

**Sub área:** Otras humanidades

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Participante Escuela de Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Ciencias Sociales

**Investigador Coordinador:** Dra. Laura Chaverri Flores

Contacto: [lauchaverri@tec.ac.cr](mailto:lauchaverri@tec.ac.cr)

### **Resumen**

El diseño del espacio público latinoamericano ha estado condicionado con tendencias globalizantes de tradición eurocéntrica y antropocéntrica inscritos en paradigmas de la modernidad/colonialidad, que invisibilizan la diversidad que habita nuestro territorio. Los planteamientos geométricos y arquitectónicos, la inserción de especies exóticas y el diseño para una hegemonía social, han sido criterios a seguir en el diseño. No fue hasta mitad de siglo XX, que el arquitecto del paisaje Roberto Burle Marx, incorpora un nuevo planteamiento para el diseño, aprovechando la diversidad florística de nuestros trópicos. El Paseo de las Damas, conforma una senda que une los parques Morazán, España y Nacional, generando un conjunto urbano artístico, patrimonial y cultural de trascendental relevancia. El diseño de estos sitios ha pasado por un largo proceso de transformaciones ambientales, sociales y culturales poco estudiados, en donde resalta la composición de diseño orgánico del Parque España y la conformación más formal de los otros dos parques. Es así como el problema a resolver en esta investigación se resume en las siguientes preguntas: ¿Cuál ha sido la evolución del diseño de estos parques, sus influencias conceptuales e ideológicas y su relación con la promoción de las diversidades socio-ecológicas y la gestión del turismo sostenible? ¿Qué recomendaciones pueden proponerse para el diseño del espacio público, el fomento de la diversidad sociocultural, ambiental y turística y la descarbonización del distrito el Carmen? Se plantea un trabajo de equipo interdisciplinario que incorpora profesionales de tres Escuelas del Instituto Tecnológico de Costa Rica, del Departamento de Historia Natural del Museo Nacional de Costa Rica, de la Municipalidad de San José y de la Universidad

Central de Venezuela. Por medio de fotos aéreas, planos históricos y fotografías, se realizará un estudio de la evolución de los parques, analizando los cambios en cuanto a vegetación y obras artísticas, así como los procesos de patrimonialización y concepción. La metodología incluirá trabajo de campo para el mapeo y levantamiento de las especies y de elementos arquitectónicos. Se realizarán talleres participativos y entrevistas para identificar el grado de sentido de pertenencia de los usuarios, así como una evaluación comparativa de los parques, de acuerdo a su diversidad biológica y con base metodológica de “Las Claves para el éxito del espacio público” de ONU HABITAT; de Gehl y Svarre, entre otros. Gracias a la síntesis de los resultados, la discusión del equipo multidisciplinario y la consulta de información bibliográfica, se propondrán estrategias para realizar acciones en los parques que puedan convertirse en una guía para elaborar propuestas en el distrito. Con este trabajo se espera obtener un análisis comparativo y evolutivo de los tres parques, así como fichas de análisis de especies y de componentes arquitectónicos y artísticos, planos de vegetación, y de diversidad social según temporalidad, y estudio de identidad y patrimonialización de los parques y grupos sociales asociados. Se concluirá con recomendaciones para el diseño del espacio público y del paisaje para incrementar la diversidad biológica, social y cultural en la ciudad, fortaleciendo el patrimonio cultural y ambiental del paisaje urbano.

**Palabras clave:** Paisaje urbano, diversidad socio-ambiental, diseño del paisaje, gestión del turismo sostenible, servicios ecosistémicos.

## **Abstract**

The design of Latin American public space has been conditioned by globalizing tendencies of Eurocentric and anthropocentric tradition inscribed in the paradigms of modernity/coloniality, which invisibilize the diversity that inhabits our territory. The geometric and architectural approaches, the insertion of exotic species and the design for a social hegemony, have been criteria to follow in the design. It was not until the middle of the 20th century that the landscape architect Roberto Burle Marx incorporated a new approach to design, taking advantage of the floristic diversity of our tropics. The “Paseo de las Damas” forms a path that joins the Morazán, Spain and National Parks, generating an urban artistic, heritage and cultural complex of transcendental relevance. The design of these sites has gone through a long process of environmental, social and cultural transformations understudied, where the organic design composition of the Spain Park and the more formal conformation of the other two parks underscores. The problem to solve in this research is summarized in the following questions: What has been the evolution of the design of these parks, their conceptual and ideological influences and their relationship with the promotion of socioecological diversities and the management of sustainable tourism? What recommendations can be proposed for the design of public space, the promotion of socio-cultural, environmental and tourist diversity and the decarbonization of the Carmen district? An interdisciplinary team work is proposed that incorporates professionals from three schools of the Costa Rica Institute of Technology, the Natural History Department of the Costa Rica National Museum, the Municipality of San José and the Venezuela Central University. By means of aerial photos,

historical plans and photographs, a study of the evolution of the parks will be carried out, analysing the changes in terms of vegetation and artistic works, as well as the processes of patrimonialisation and conception. The methodology will include field work for the mapping and survey of species and architectural elements. Participatory workshops and interviews will be carried out to identify the degree of sense of belonging of the users, as well as a comparative evaluation of the parks, according to their biological diversity and based on the methodology of "The Keys for the success of public space" by UN HABITAT, Gehl and Svarre, among others. Thanks to the synthesis of the results, the discussion of the multidisciplinary team and the consultation of bibliographic information, strategies will be proposed to carry out actions in the parks that can become a guide to elaborate proposals in the district. With this study, it is achieved to obtain a comparative and evolutionary analysis of the three parks, as well as analysis sheets of species and architectural and artistic components, vegetation plans, and of social diversity according to temporality, and study of identity and patrimonialization of the parks and associated social groups. It will conclude with recommendations for the design of public space and landscape to increase biological, social and cultural diversity in the city, strengthening the cultural and environmental heritage of the urban landscape.

**Keywords:** Urban landscape, socio-environmental diversity, landscape design, sustainable tourism management, ecosystem services.

## **PROYECTO 25: Herramientas de gestión y conservación programada en intervenciones de bienes inmuebles patrimoniales en Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ingeniería Civil

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Participante Escuela de Ingeniería en Construcción

**Investigador Coordinador:** Arq. José Pablo Bulgarelli Bolaños

Contacto: [jbulgarelli@tec.ac.cr](mailto:jbulgarelli@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Los proyectos de intervención de bienes inmuebles patrimoniales presentan complejidades técnicas, legales y financieras, diferentes a las de una obra nueva, lo que implica una modificación en los procesos de gestión, tanto en las fases de diseño y construcción, como de las etapas de uso del inmueble. A pesar de que el Estado Costarricense, por medio de diversas entidades, es el propietario de aproximadamente el 80% de los bienes inmuebles patrimoniales, este no cuenta con protocolos institucionales que sistematizan los procesos de intervención, de modo que el país no cuenta con estándares mínimos que garanticen el aprovechamiento de los recursos invertidos en estos tipos de proyectos. La Escuela de Arquitectura y Urbanismo y la Escuela de Ingeniería en Construcción del TEC, en conjunto con el Departamento de Arquitectura de la Universidad de Bologna; el Departamento de Expresión Gráfica y el Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción (IUACC) de la Universidad de Sevilla; y el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (CICPC) del Ministerio de Cultura y Juventud (MCJ), pretenden desarrollar esta investigación mediante el análisis de información documental y de experiencias previas a partir del criterio de expertos nacionales e internacionales. El trabajo colaborativo entre estas instituciones pretende integrar metodologías HBIM (Heritage Building Information Modeling), con la sugerida por el PMI (Project Management Institute) para gestionar, administrar y dirigir las fases de ejecución, cierre y conservación programada de proyectos de intervención de bienes inmuebles patrimoniales en Costa Rica. Los productos que se obtendrán, al finalizar el proyecto, serán un protocolo de las fases de

ejecución, de cierre y de conservación programada en el ciclo de vida de los proyectos de intervención de bienes inmuebles patrimoniales. Asimismo, se producirán herramientas de gestión para dichas fases y dos artículos científicos a publicarse en revistas indexadas. Estos productos servirán como insumo a todos aquellos profesionales de la industria de la construcción que laboren en ámbito de la conservación del patrimonio arquitectónico.

**Palabras clave:** Bien cultural mueble, gestión del proyecto, conservación de los bienes culturales, métodos de planificación.

## **Abstract**

The intervention projects in historical buildings, which are architectural heritage, present technical, legal and financial complexities, different from those of a new construction, which implies a modification in the management processes, both in the design and construction phases, as of the stages of use of the building. Although the Costa Rican State, through many entities, owns approximately 80% of those buildings, it does not have institutional protocols that systematize the intervention processes, so that the country does not have standards minimums that guarantee the use of the resources invested in these types of projects. The Architecture and Urbanism School and the Construction Engineering School in TEC, in collaboration with the Architecture Department of the University of Bologna, the Graphic Expression Department and the University Institute of Architecture and Sciences of the Construction (IUACC) in The University of Seville, and the Center for Research and Conservation of Cultural Heritage

(CICPC) in the Ministry of Culture and Youth (MCJ), intends to develop this research through the analysis of documentary information and previous experiences based on the criteria of national and international experts. The collaborative work between these institutions intends to integrate HBIM (Heritage Building Information Modeling) methodologies, with that suggested by the PMI (Project Management Institute) to manage, manage and direct the phases of execution, closure and scheduled conservation of intervention projects in historical buildings in Costa Rica. The products that will be obtained, at the end of the project, will be a protocol of the execution, closing and planned conservation in the life cycle of intervention projects in historical buildings. Likewise, management tools will be produced for these phases and two scientific articles to be published in indexed journals. These products will serve as input to all those professionals in the construction industry who work in the field of architectural heritage conservation.

**Keywords:** Movable cultural property, Cultural property preservation, Planning methods, intervention protocols, Project management.

## **PROYECTO 26: Mejoramiento de la gestión integrada del recurso hídrico en la cuenca del río Tempisque mediante la determinación del caudal ambiental bajo una perspectiva holística**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Sociales

**Sub área:** Ciencias Biológicas, Otras Ingenierías y Tecnologías, Otras ciencias sociales

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Agrícola

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dra. Isabel Guzmán Arias.

Contacto: [iguzman@tec.ac.cr](mailto:iguzman@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Hasta hace poco tiempo no había existido la necesidad de estudiar a profundidad los requerimientos de caudal ambiental dentro del marco nacional del otorgamiento de concesiones, sin embargo, aproximadamente en los últimos 25 años, esa visión ha cambiado por múltiples causas, una de ellas es el cambio y la intensidad en los usos de la tierra que han aumentado drásticamente la demanda de agua, y en consecuencia han provocado la urgencia de atender las solicitudes de concesión desde un punto de vista de gestión integrada del recurso hídrico. Este proyecto responde precisamente a la necesidad que tiene el país de contar con una o varias metodologías de cálculo caudal ambiental en sus ríos, especialmente cuando los conflictos por el uso del agua se han incrementado entre comunidades, empresas y grupos ambientalistas. En esta propuesta, se cumple con la tercera etapa en la ruta de investigación trazada, donde se validará una metodología holística previamente seleccionada en la cuenca del río Tempisque. Esta cuenca representa una opción ideal para este estudio, tanto por sus condiciones climáticas, como por la gran cantidad de aprovechamientos de agua a lo largo de su cauce, es decir, al realizar esta investigación se obtendrían resultados para un escenario complejo y de alto impacto socioeconómico que se podrían aplicar a otros ríos del país. Previo a este proyecto, se han realizados dos investigaciones sobre otras metodologías existentes a nivel internacional, en una se validó una metodología hidrológica para una cuenca piloto: subcuenca del río Birrís; y en otra se probó una metodología hidrobiológica para la subcuenca del río Pejibaye. En esta ocasión, la propuesta pretende avanzar en la ruta de investigación y elevar el nivel de complejidad, aplicando una metodología holística en

la cuenca del río Tempisque, donde se integran los componentes hidrológico, biológico y sociocultural. El principal resultado esperado de este proyecto es una metodología validada para la determinación de caudal ambiental que sirva de aporte a la gestión que actualmente opera el gobierno de Costa Rica.

**Palabras clave:** Caudal Ambiental, Concesión de Agua, Recurso Hídrico, Costa Rica

### **Abstract**

Until recently there had been no need to study in depth the requirements of environmental flow within the national framework of granting concessions, however, approximately in the last 25 years, that vision has changed for multiple reasons, one of them is the change and intensity in land uses that have drastically increased the demand for water, and consequently have caused the urgency to meet concession requests from an integrated water resource management point of view. This project responds precisely to the country's need to have one or more methodologies for calculating environmental flows in its rivers, especially when conflicts over water use have increased between communities, companies and environmental groups. In this proposal, the third stage in the research route is completed, where a holistic methodology previously selected in the Tempisque river basin will be validated. This basin represents an ideal option for this study, both for its climatic conditions, and for the large amount of water use along its riverbed, that is, when conducting this research, results would be obtained for a complex and high-impact socioeconomic scenario that could be applied to other rivers in the country. Prior to this project, two

investigations have been carried out on other existing methodologies at an international level, in one a hydrological methodology was validated for a pilot basin: sub-basin of the Birris river; and in another one a hydrobiological methodology was tested for the sub-basin of the Pejibaye river. On this occasion, the proposal aims to advance the research route and raise the level of complexity, applying a holistic methodology in the Tempisque river basin, where the hydrological, biological and sociocultural components are integrated. The main expected result of this project is a validated methodology for the determination of environmental flow that serves as a contribution to the management currently operated by the government of Costa Rica.

**Keywords:** Environmental discharge, water concession, water resource, Costa Rica

## **PROYECTO 27: Modelación del rendimiento del cultivo de palma de aceite a partir de imágenes satelitales multiespectrales, en el Pacífico Central de Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Otras Ingeniería y Tecnologías

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Agrícola

**Investigador Coordinador:** Ing. Natalia Gómez Calderón

Contacto: [ngomez@tec.ac.cr](mailto:ngomez@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El cultivo de palma aceitera, es uno de los tres que tienen más área ocupada en Costa Rica. Ha pasado de 16.830,20 ha en 1984 a 92.456 ha en 2017. Un factor de éxito es que el 63,7% de las áreas sembradas están en manos de pequeños productores independientes y cooperativas. El pronóstico previo a la cosecha del racimo de fruta fresca, es un medio importante para evaluar producción total y, por lo tanto, proporciona información útil para las decisiones de gestión relacionadas con el presupuesto de almacenamiento, distribución y comercialización, pero debido a la variabilidad climática, hay fluctuación del rendimiento de producción de la palma aceitera. A pesar de existir métodos de planificación del cultivo y de estimación de la cosecha, las predicciones tienen amplios márgenes de error, debido a muestreos aleatorios del personal de campo. Por otro lado, las palmas de aceite al ser árboles perennes, tienen una estructura de dosel similar a un bosque, en comparación con otros cultivos agrícolas; por lo tanto, la teledetección de las palmas de aceite puede basarse en imágenes aéreas o satelitales. Cuando se utilizan imágenes para monitorear plantaciones, las diferentes condiciones de las regiones del mundo han sido un desafío para los investigadores. Específicamente en el trópico, el mapeo de la cobertura vegetal es un reto debido a la cubierta nubosa predominante y biomasa densa que puede confundirse con bosques u otros cultivos. Localmente, se dispone de imágenes satelitales multiespectrales de acceso libre, que suministran información de hasta 11 longitudes de onda (bandas), con resoluciones aceptables debido a que las zonas de manejo del cultivo de palma aceitera en Costa Rica superan las 4 hectáreas. Automatizar las estimaciones y reducir los márgenes

de error con el fin de mejorar la gestión en toda la cadena del cultivo de palma aceitera, es un requerimiento urgente de los productores. Debido a la variabilidad climática del Pacífico Central de Costa Rica, es urgente encontrar relaciones entre la multispectralidad de las imágenes de acceso libre disponibles, rendimiento, condiciones climáticas, edáficas y la edad del cultivo, con el fin de explicar y predecir la producción en tiempos de desfase seguros para la gestión de la producción, a partir de imágenes satelitales que les permita a los productores una gestión más eficiente con tecnología disponible que no les represente inversiones onerosas.

**Palabras clave:** Teledetección, sistemas de información geográfica, imágenes satelitales, aprendizaje automático, modelado de sistemas agrícolas

## **Abstract**

Oil palm cultivation is one of the three that have the most occupied area in Costa Rica. It has gone from 16,830.20 ha in 1984 to 92,456 ha in 2017. A success factor is that 63.7% of the planted areas are in the hands of small independent producers and cooperatives. The pre-harvest forecast of the fresh fruit cluster is an important means to evaluate total production and, therefore, provides useful information for management decisions related to the storage, distribution and marketing budget, but due to variability climatic, there is fluctuation of the production yield of the oil palm. Despite the existence of crop planning and crop estimation methods, the predictions have wide margins of error, due to random sampling of field personnel. On the other hand, oil palms, being evergreen trees,

have a canopy structure similar to a forest, compared to other agricultural crops; Therefore, remote sensing of oil palms can be based on satellite or aerial images. When images are used to monitor plantations, different conditions in world regions have been a challenge for researchers. Specifically, in the tropics, mapping of vegetation cover is a challenge due to the predominant cloud cover and dense biomass that can be confused with forests or other crops. Locally, multispectral satellite images of free access are available, which provide information of up to 11 wavelengths (bands), with acceptable resolutions because the management areas of oil palm cultivation in Costa Rica exceed 4 hectares. Automate estimates and reduce error margins in order to improve management throughout the oil palm crop chain, is an urgent requirement of producers. Due to the climatic variability of the Central Pacific of Costa Rica, it is urgent to find relationships between the multispectrality of the available free access images, yield, climatic, edaphic conditions and the crop age, in order to explain and predict the production in times of safe lag for production management, based on satellite images that allow producers a more efficient management with available technology that does not represent costly investments.

**Keywords:** Remote sensing, geographic information systems, satellite images, machine learning, cropping systems modelling

## **PROYECTO 28: Efecto del biocarbón en la dinámica hídrica de un suelo volcánico en función de los cambios de sus propiedades físicas e hidráulicas**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de abril del 2020 al 31 de marzo del 2022

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería Agrícola

**Investigador Coordinador:** Dra. Karolina Villagra Mendoza

Contacto: [kvillagra@tec.ac.cr](mailto:kvillagra@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Los cambios extremos y rápidos de las condiciones ambientales conllevan nuevos retos en las prácticas agrícolas. La conservación del suelo se ha convertido en una labor primordial para promover la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria. El biocarbón se considera una opción para la conservación del suelo, sin embargo, los efectos del biocarbon sobre el suelo tienden a ser muy complejos y específicos al tipo de fuente de carbón usada, forma térmica de producción, clima, tipo de suelo y dosis de aplicación. Por esta razón, cualquier estudio sobre el impacto del biocarbón como enmienda contribuye a entender mejor la interacción entre las diversas variables y el efecto en el ambiente. Este proyecto pretende estudiar el efecto del biocarbón, como enmienda, en la dinámica hídrica del suelo por medio de los cambios en las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos enmendados. En este estudio se analizarán los principales parámetros del suelo. Se evaluarán las propiedades físicas, hidráulicas y mecánicas de las enmiendas con el fin de determinar las condiciones del suelo para el transporte y retención de agua. El estudio se realizará en pequeñas parcelas con unidades de muestreo (plántulas), donde se aplicará el biocarbón en dos dosis (5 y 10% del peso seco). La producción se correlacionará con los tratamientos para evaluar adicionalmente la funcionalidad productiva de la enmienda. Los resultados de este estudio permitirán evaluar el efecto del biocarbón en la producción y la cuantificación en los cambios de las propiedades físicas del suelo que puedan dar información sobre la viabilidad del uso del biocarbón como opción para una agricultura sostenible.

**Palabras clave:** agricultura sostenible; biocarbón; dinámica hídrica; producción; propiedades del suelo; suelo volcánico.

## **Abstract**

Extreme and rapid changes in environmental conditions lead to new challenges in agricultural practices. Soil conservation has become a primary task to promote sustainable agriculture and food security. Biochar is considered an option for soil conservation, however, the effects of biochar on the soil tends to be very complex and specific to the type of biomass source used, thermal production process, climate, soil type and application rate. For this reason, any study on the impact of biochar as an amendment contributes to a better understanding of the interaction between the various variables and the effect on the environment. This project aims to study the effect of biochar, as an amendment, on the soil's water dynamics through changes in the physical and hydraulic properties of amended soils. In this study the main soil parameters will be analyzed. The physical, hydraulic and mechanical properties of the amendments will be evaluated in order to determine the conditions of soil for transport and water retention. The study will be carried out in small plots with sampling units (seedlings), where the biochar will be applied in two doses (5 and 10% of the dry weight). Production will be correlated with treatments to further evaluate the productive functionality of the amendment. The results of this study will allow the evaluation of the effect of biochar on production and quantification on changes in the physical properties of the soil that can give information on the feasibility of using biochar as an option for sustainable agriculture.

**Keywords:** sustainable agriculture; biocarbon; water dynamics; production; soil properties; volcanic soil.

## **PROYECTO 29: Gen-FW: Una generalización del problema de Fermat-Weber con aplicaciones al procesamiento de datos**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Matemática

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Matemática

Participante Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Dr. Juan Pablo Soto Quirós

Contacto: [jusoto@tec.ac.cr](mailto:jusoto@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El presente proyecto propone y justifica una generalización del problema de Fermat-Weber (o simplemente, problema FW). El problema FW propone encontrar un vector que minimiza la suma de distancias ponderadas a otros vectores dados en un espacio vectorial, donde el vector a minimizar está representado mediante una transformación lineal. La solución del problema FW tiene diversas aplicaciones en ingeniería, por ejemplo, en el diseño de algoritmos de navegación y en la conectividad de red móvil con sensor inalámbrico, entre otras. Los modelos matemáticos que proponemos generalizan el problema FW en dos aspectos: 1) Consideran transformaciones no lineales, a diferencia del problema FW que solo considera transformaciones lineales. 2) Calculan las transformaciones (lineales o no lineales) óptimas que pertenecen a un conjunto con una estructura predeterminada, a diferencia del problema FW que no optimiza la transformación lineal asociada. Las características mencionadas anteriormente permitirán que el error numérico obtenido en los modelos propuestos sea menor que el error obtenido en el problema FW. Adicionalmente, aplicaremos la generalización del problema FW en el área de procesamiento de datos, particularmente en aplicaciones en el campo de la ingeniería forestal, en particular, en el análisis de firmas hiperespectrales y corteza de árboles. La generalización del problema FW propuesta permitirá simplificar el proceso de análisis de firmas hiperespectrales en maderas y hojas entre los 310 y 1100 nanómetros, permitiendo determinar la firma biotípica de cada especie. Lo anterior facilitaría su identificación en campo, ya sea con instrumentaciones terrestres o imágenes satelitales multibandas. Por otro lado, facilitará el proceso de identificación de cortezas de especies arbóreas mediante la

generación de la foto biotípica de una especie, lo cual simplificaría el proceso de identificación y estudio de cortezas de especies tropicales.

**Palabras clave:** Fermat-Weber, optimización, datos biotípicos, firmas hiperespectrales, corteza arbóreas

## **Abstract**

This project proposes and justifies a generalization of the Fermat-Weber problem (or simply, FW problem). The problem FW proposes to find a vector that minimizes the sum of weighted distances to other vectors given in a vector space, where the vector to be minimized is represented by a linear transformation. The solution of the FW problem has several applications in engineering, for example, in the design of navigation algorithms and in the mobile network connectivity with wireless sensor, among others. The mathematical models that we propose generalize the FW problem in two aspects: 1) They consider nonlinear transformations, unlike the FW problem that only considers linear transformations. 2) Calculate the optimal (linear or non-linear) transformations that belong to a set with a predetermined structure, unlike the FW problem that does not optimize the associated linear transformation. The characteristics mentioned above will allow the numerical error obtained in the proposed models to be less than the error obtained in the FW problem. Additionally, we will apply the generalization of the FW problem in the area of data processing, particularly in applications in the field of forest engineering, in the analysis of hyperspectral signatures and tree bark. The generalization of the proposed FW problem will simplify the process of analysis of hyperspectral signatures in wood and

leaves between 310 and 1100 nanometers, allowing to determine the biotypic signature of each species. This would facilitate their identification in the field, either with terrestrial instrumentation or multi-band satellite images. On the other hand, it will facilitate the process of identifying tree bark species by generating the biotypic photo of a species, which would simplify the process of identification and study of bark of tropical species.

**Keywords:** Fermat-Weber, optimization, biotypic data, hyperspectral signatures, tree bark

## **PROYECTO 30: 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 2022

**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](mailto: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 sustratos 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 31: 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 2022

**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](mailto: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 32: Análisis de imágenes y cuantificación del color para el diagnóstico del cáncer de piel tipo melanoma en Costa Rica.**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Ciencias Físicas

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Física

**Investigador Coordinador:** Dr. Ernesto Montero Zeledón

Contacto: [emontero@tec.ac.cr](mailto:emontero@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El melanoma es uno de los tipos de cáncer de piel más agresivos, sin embargo, es posible su cura si se realiza una detección temprana. Mediante técnicas de medición utilizadas en imágenes, se puede realizar la caracterización de algunos de los parámetros que la Academia Americana de Dermatología ha considerado claves para la detección del melanoma. Estos parámetros son conocidos como el ABCDE del melanoma: asimetría, irregularidad de los bordes, cambios de color, diámetro y evolución. En nuestro país, muchos médicos utilizan los criterios del ABCDE, sin embargo, la gran mayoría se basa en la observación y las estimaciones cualitativas. En este proyecto se pretende establecer criterios de medición para los diferentes parámetros, que faciliten al médico observar la evolución del melanoma y que le permitan llevar un registro de ello.

**Palabras clave:** Cáncer de piel, Melanoma, ABCDE, imágenes

## **Abstract**

Melanoma is one of the most aggressive skin cancers, however, it is possible to cure it if an early detection is performed. By measurement techniques used in imaging, you can characterize some of the parameters that the American Academy of Dermatology has considered key to the detection of them. These parameters are known as the ABCDEs of melanoma: asymmetry, irregularity of borders, variety of colors, diameter and evolution or change. In our country, many doctors use the ABCDE criteria, however, the vast majority is based on qualitative observation and estimates. This project aims to

establish measurement criteria for the different parameters, to make it easier for the doctor to observe the evolution of melanoma and to allow it to keep track of it.

**Keywords:** Skin cancer, Melanoma, ABCDEs, images

## **PROYECTO 33: Influencia del polimorfismo y la formación de co-cristales en las propiedades físicas de fármacos antihipertensivos**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Médicas y de la Salud

**Sub área:** Ciencias Médicas

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Física

**Investigador Coordinador:** Dr. Ernesto Montero Zeledón

Contacto: [emontero@tec.ac.cr](mailto:emontero@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El control de calidad de las materias primas para producir fármacos es fundamental para garantizar su eficacia en el tratamiento de las enfermedades. La industria farmacéutica invierte muchos recursos en análisis de precursores y productos terminados, sin embargo, en ocasiones los usuarios manifiestan diferencias en la efectividad terapéutica de distintos lotes de medicamentos. Se ha propuesto que una de las posibles causas por las que se producen diferencias en la efectividad de los medicamentos de una misma marca o entre los medicamentos de igual composición, pero de distinta marca, es la formación de co-cristales y de polimorfos de los principios activos. En Costa Rica existe una importante industria farmacéutica de medicamentos genéricos y este tipo de situaciones son frecuentes. Para estudiar esta situación, se propone el estudio de dos principios activos relacionados con un padecimiento muy frecuente en la población costarricense, como lo es la presión alta. Los principios activos que estudiaremos serán provistos por la compañía farmacéutica Calox y la Facultad de Farmacia de la UCR, colaborarán con los análisis de caracterización.

**Palabras clave:** Principio activo, antihipertensivo, co-cristal, polimorfo

## **Abstract**

The quality control of raw materials to produce drugs is essential to ensure their effectiveness in the treatment of diseases. The pharmaceutical industry invests many resources in the analysis of precursors and finished products, however, sometimes users

show differences in the therapeutic effectiveness of different batches of medicines. It has been proposed that one of the possible causes of differences in the effectiveness of drugs of the same brand or between drugs of the same composition, but of different brands, is the formation of co-crystals and polymorphs of active principles. In Costa Rica there is an important pharmaceutical industry of generic medicines and these types of situations are frequent. To study this situation, it is proposed to study two active principles related to a very frequent condition in the Costa Rican population, such as high blood pressure. The pharmaceutical company Calox will provide the active principles, and the Faculty of Pharmacy of the UCR, will collaborate with the characterization analysis

**Keywords:** Active substance, antihypertensive, co-crystal, polymorph

## **PROYECTO 34: Monitoreo ambiental de mercurio en zonas mineras artesanales y zonas urbanas de Costa Rica, y acciones para la mitigación de su impacto ambiental**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Ciencias Químicas

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Carlos Calleja Amador

Contacto: [ccalleja@tec.ac.cr](mailto:ccalleja@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El mercurio es un reconocido neurotóxico que provoca daños irreversibles en el sistema nervioso central, especialmente en niños. Está dispersado globalmente, y es monitoreado en el mar y la atmósfera. El monitoreo de mercurio atmosférico es complejo, pero reviste gran importancia biológica y sanitaria. Una técnica novedosa para el monitoreo de mercurio gaseoso es el muestreo pasivo de aire (PAS). PAS requiere el diseño e instalación de dispositivos que retienen el mercurio del aire que circula. Un diseño de tales dispositivos ha sido estudiado por investigadores de la Universidad de Toronto, Canadá, usando carbón activado y azufre. A nivel global, se están realizando esfuerzos para controlar la exposición al mercurio con el Convenio de Minamata sobre Mercurio (firmado en octubre, 2013 y ratificado por Costa Rica por decreto en noviembre, 2016). El Convenio es Ley de la República 9391 desde 2016. La implementación del Convenio le corresponde a la Dirección de Gestión y Calidad Ambiental (DIGECA) del MINAE. DIGECA ha señalado que actualmente en el país no hay monitoreo ambiental del mercurio, por lo que esta propuesta constituiría una contribución para el cumplimiento del Convenio y para el establecimiento de un plan de acción para minimizar y controlar las emisiones de mercurio. De acuerdo con el último inventario de emisiones de mercurio realizado por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), es importante monitorear emisiones asociadas a: minería artesanal, actividad volcánica y corrientes de residuos sólidos. De acuerdo con el PNUMA, la minería artesanal es la segunda fuente en importancia de emisiones de mercurio al aire, sólo superada por la quema de carbón de hulla, que no se utiliza en Costa Rica. Otros combustibles fósiles aportan menores cantidades de mercurio,

y las emisiones volcánicas poseen un impacto aún menor. Esta propuesta cuantificaría el mercurio gaseoso en zonas mineras nacionales, y en algunas zonas urbanas. También se estudiará la concentración de mercurio total en aguas superficiales y sedimentos de las zonas de estudio. El sistema de muestreo PAS y el análisis químico de las muestras correspondientes serían aportados por la Universidad de Toronto, Canadá. Esta propuesta corresponde a un proyecto en curso. Los recursos financieros el primer año de proyecto serían aportados por la empresa CASIO (con su subsidiaria en Costa Rica ASEPRO S.A.) CASIO (de origen japonés) es aliado del PNUMA en el Convenio de Minamata. Se solicita el apoyo de la VIE para el segundo y tercer año (2020 y 2021). La instalación, control y envío de los PAS a Toronto, junto con el análisis de agua y sedimentos, serían realizados por nuestro grupo de investigación en mercurio del TEC (actualmente el M.Sc. Carlos E. Calleja es parte del grupo de expertos en liberaciones ambientales de mercurio designado por PNUMA y DIGECA para el Convenio). Los resultados obtenidos constituirían un aporte para una línea base de concentraciones ambientales de mercurio, y sería útil para establecer un programa continuo de monitoreo ambiental. La propuesta incluye la transferencia de resultados, el diseño y elaboración de material educativo de divulgación acerca del tema, webinars dirigidos a poblaciones meta especializadas, y un taller acerca de la problemática ambiental y sanitaria para promover la continuidad del monitoreo.

**Palabras clave:** mercurio, mercurio total, muestreo pasivo, minería artesanal, Convenio de Minamata, Costa Rica.

## **Abstract**

Mercury is a recognized neurotoxin that affects the learning capability of infants, and produces irreversible damages on the central nervous system. It is a global pollutant, frequently monitored by several countries in the ocean and in the atmosphere. Gaseous mercury monitoring in the atmosphere is a complex task due to its wide dispersion, but it is of great importance because air is not only a potential route of exposure for different living species, but also an exchange matrix from which could introduce mercury to the trophic chain. A novel technique for gaseous mercury monitoring is passive air sampling (PAS). PAS requires the design and installation of a selective device for mercury binding when air circulates inside. Other research groups have worked on the design and environmental calibrations of PAS, including a group of the University of Toronto, Canada. Their PAS design uses a sorbent composed of vegetable carbon covered by a bonded sulfur phase selective for mercury. Globally, there are several efforts to control mercury exposure with the enforcement of the Minamata Convention (signed by the Costa Rican government in October 2013, and ratified by the Congress in November 2016). It became Law 9391 in 2016. The Dirección de Gestión y Calidad Ambiental (DIGECA) of the Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) is the central government office responsible for its implementation. DIGECA has noted the relevance of mercury monitoring in Costa Rica, currently inexistent. Therefore, this proposal aims to contribute both, with relevant data required by DIGECA for the compliance of the Minamata Convention, and with a baseline required to establish a Reduction Plan for mercury emissions in the future. A mercury emissions inventory conducted by MINAE indicates the

importance of environmental monitoring of emissions from artisanal gold mining, fossil fuels and volcanic activity. UNEP ponders artisan gold mining as the second source of environmental mercury, the first being char coal burning. While, a minor source is burning of other fossil fuels, followed by volcanic emissions. This proposal aims study of gaseous mercury emissions from artisanal gold mining in different regions of the country, and its potential correlation to mercury in surface water. Additionally, it targets to study gaseous mercury in an urban area to determine to possible contribution emitted from fuel combustion. This proposal is currently a project in course, where the first year is fully financed by CASIO as partner of UNEP for the Minamata Convention. The requested support from VIE is required for the second and third years (2020 and 2021). The University of Toronto will provide the PAS samplers and its chemical analysis. While our research group at TEC will perform study on the nearby water surface as well as the deployment, surveillance and shipping of the samplers to Canada. The results of this research will be the first study on environmental gaseous mercury available in Costa Rica expecting that it will to become the baseline towards the establishment of a continuous monitoring plan and defining actions to control mercury emissions and next steps. In addition, the resulting data on mercury emissions will be available for the scientific community and for DIGECA-MINAE as a feedback to coordinate a workshop on mercury current situation in Costa Rica.

**Keywords:** mercury, disolved mercury, passive sampling, artisan gold mining, Minamata Convetion, Costa Rica

## **PROYECTO 35: Remoción de fluoruro y arsénico con piedra pómez modificada**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ingeniería Ambiental

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Química

Participante Escuela de Ingeniería en Construcción

**Investigador Coordinador:** Dr. Luis Guillermo Romero Esquivel

Contacto: [Iromero@tec.ac.cr](mailto:Iromero@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Varias fuentes de agua subterránea contaminadas con arsénico se han reportado en el país desde el año 2009. El Instituto de Acueductos y Alcantarillados (AyA) ha tenido que cambiar fuentes de agua, mezcladas contaminadas y sin contaminar o en el peor de los casos implementado sistemas de remoción que utilizan adsorbentes importados con altos costos operativos para la institución y que no podrían ser costeados por acueductos rurales (ASADAS) debido a sus limitados recursos. Por otro lado, en el año 2014, el Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA) reportó en la zona de Limón y Cartago fuentes contaminadas de fluoruro. Ambos contaminantes producen efectos crónicos en la salud de los consumidores y sus efectos pueden ser potenciados al coexistir en el agua. Esta propuesta busca encontrar una opción de tratamiento de agua contaminada con arsénico y fluoruro, específicamente, producir y evaluar a nivel de laboratorio y a nivel piloto el uso de piedra pómez modificada con óxidos de hierro-aluminio (Fe/Al) y hierro-manganeso (Fe/Mn). Si bien el grupo de investigadores proponente de este proyecto ya ha desarrollado un material adsorbente a base de piedra pómez recubierta de óxidos de hierro para la remoción de arsénico, el uso de mezclas de óxidos como las sugeridas, según se reporta en la literatura, vendría a mejorar la capacidad de remoción de arsénico. Además, existe evidencia de la posibilidad de remover fluoruro, contaminante al cual no se le está dando ningún tratamiento actualmente en el país por parte del AyA y menos aún por ASADAS. Dichos resultados, son bastante prometedores y muestran que ambos materiales presentan altas capacidades de remoción de estos contaminantes individualmente. Sin embargo, no ha sido

reportada la remoción conjunta de ambos iones. En esta propuesta se pretende realizar estudios en laboratorio sobre la producción y caracterización de la pómez recubierta con Fe/Al y con Fe/Mn. En estos estudios se incluirá ensayos tipo batch para determinar la capacidad de remoción de arsénico, de fluoruro y de ambos contaminantes. Posteriormente, dependiendo de la disponibilidad de pozos contaminados con cada contaminante o con ambos, se procederá a implementar al menos dos sistemas piloto. Así, será necesario diseñar, construir, operar y monitorear los dos sistemas piloto basados en filtración y con esto, poder brindar una guía para la construcción y operación de sistemas de tratamiento a escala real. Con base en la experiencia adquirida se obtendrá como producto final un sistema de tratamiento capaz de remover arsénico y fluoruro o ambos marca TEC. Este producto, será pionero en el país específicamente en el tema de la remoción de fluoruro posicionando al TEC como experto en el tema y será de vital importancia para aportar a solucionar problemáticas de salud pública con las que lucha el país. Adicionalmente, considerando que este tipo de contaminantes se encuentran a nivel global, el uso de los adsorbentes reviste importancia internacional.

**Palabras clave:** Tratamiento de agua, adsorción, arsénico, fluoruro, piedra pómez modificada.

## **Abstract**

Several sources of groundwater contaminated with arsenic have been reported in the country since 2009. The Institute of Aqueducts and Sewers (AyA) has had to change water sources,

mixed contaminated and uncontaminated or in the worst case implemented systems of removal that use imported adsorbents with high operating costs for the institution and that could not be paid for by rural aqueducts (ASADAS) due to their limited resources. On the other hand, in 2014, the Costa Rican Institute for Research and Teaching in Nutrition and Health (INCIENSA) reported contaminated sources of fluoride in the Limón and Cartago area. Both pollutants produce chronic effects on the health of consumers and their effects can be enhanced by coexisting in water. This proposal seeks to find a treatment option for water contaminated with arsenic and fluoride, specifically, to produce and evaluate at the laboratory level and pilot level the use of modified pumice stone with iron-aluminum oxides (Fe / Al) and iron-manganese (Fe / Mn). Although the group of researchers proposing this project has already developed an adsorbent material based on pumice coated with iron oxides for arsenic removal, the use of oxide mixtures as suggested, as reported in the literature, would come to improve arsenic removal capacity. Besides, there is evidence of the possibility of removing fluoride, a contaminant that is not currently being treated in the country by AyA and even less by ASADAS. These results are absolutely promising and show that both materials have high removal capacities of both pollutants individually. However, the joint removal of both ions has not been reported. This proposal intends to carry out laboratory studies on the production and characterization of the pumice coated with Fe / Al and with Fe / Mn. These studies will include batch tests to determine the ability to remove arsenic, fluoride and both contaminants. Subsequently, depending on the availability of wells contaminated with each contaminant or with both, at least two pilot systems will be implemented. Thus, it will be necessary to design, build, operate and monitor the two pilot

systems through filtration and with this, to be able to guide the construction and operation of treatment systems on a full scale. Based on the experience acquired, a treatment system capable of removing arsenic and fluoride or both TEC brand will be obtained as the final product. This product will be a pioneer in the country specifically in the matter of fluoride removal positioning the TEC as an expert in the subject and will be of vital importance to help solve public health problems with which the country struggles. Additionally, considering that these types of pollutants are found globally, the use of adsorbents is of international importance.

**Keywords:** Water treatment, adsorption, arsenic, fluoride, modified pumice Stone.

## **PROYECTO 36: 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 2022

**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](mailto: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 37: 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 2022

**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](mailto: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 38: 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 2022

**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](mailto: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, at 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 39: Desarrollo de celdas biofotovoltaicas utilizando la proteína bacteriorodopsina**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ingeniería de los Materiales

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

Participante Escuela de Ingeniería Electrónica

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** Dra. Claudia Chaves Villarreal.

Contacto: [cchaves@tec.ac.cr](mailto:cchaves@tec.ac.cr)

### **Resumen**

El consumo de combustibles fósiles representa un factor de riesgo ambiental y social debido a la gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que genera, contribuyendo a la contaminación atmosférica y al cambio climático. Por otra parte, las tecnologías fotovoltaicas comerciales actuales y las que se encuentran en desarrollo emplean minerales y compuestos químicos tóxicos, de gran costo o su manufactura emite gran cantidad de GEI. Ante esta problemática, en este proyecto se propone la creación de una celda solar bio-sensibilizada utilizando la proteína fotoactiva bacteriorodopsina (bR) para capturar la energía solar y transformarla en energía eléctrica, buscando sustituir los tintes sintéticos y además que su configuración permita su adaptación a prótesis de retina artificial para restaurar la visión. Los sustratos sobre los cuales se inmovilizará la proteína se prepararán recubriendo vidrio conductor (ITO) con TiO<sub>2</sub>. La proteína se inmovilizará de forma covalente al sustrato. Para verificar la inmovilización de la bR y su funcionalidad se utilizará espectroscopia Raman, FTIR y UV-Vis, así como microscopía electrónica SEM. Los orbitales de frontera (LUMO y HOMO) de la proteína se determinarán por medio de voltametría cíclica. A partir de la posición del LUMO y HOMO se seleccionará un mediador redox adecuado para la celda solar. Los fotoánodos bR se ensamblarán con contraelectrodos y se rellenarán con un electrolito que contiene el par redox seleccionado, para obtener las celdas sensibilizadas con bR (bR-CS). La corriente eléctrica generada por la bR-CS se determinará por medio de un medidor de corriente-voltaje bajo la iluminación de un simulador solar. Por otra parte, la resistencia y tasa de transferencia de carga de las bR-CS utilizando distintos surfactantes se comparará por medio de espectroscopia de impedancia electroquímica, con el

fin de mejorar la transferencia de carga en la interfaz. La resistencia de conductancia intrínseca de la bR se medirá por medio de electrodos nanodistanciados. Los datos experimentales se ajustarán a un modelo matemático del circuito equivalente de la bR-CS para comparar los valores de resistencia de los componentes internos de la celda. El proyecto busca transferir los conocimientos adquiridos y desarrollados durante el doctorado financiado por beca del Banco Mundial de la profesora Claudia Chaves Villarreal al Instituto Tecnológico de Costa Rica. Dada la importancia que tiene el desarrollo del potencial energético nacional, y considerando la riqueza de biodiversidad que tiene Costa Rica para la generación energética renovable y sostenible, es esencial que se estudien nuevos sistemas para proporcionar alternativas de generación energética sustentables basadas en la innovación en tecnología biofotovoltaica eficiente. La creación de sinergias entre en TEC y otras instituciones internacionales fomenta el desarrollo de las energías renovables en Latinoamérica, además de contribuir al intercambio de conocimientos y generación de energía fiable, eficiente y poco contaminante, para la superación de la pobreza y la mejora de la calidad de vida en nuestra región.

**Palabras clave:** biofotovoltaica, bacteriorodopsina, celda solar biosensibilizada, surfactante, bioenergía

## Abstract

Fossil fuel combustion represents an environmental and social risk factor due to the large amount of greenhouse gas (GHG) emissions it generates, contributing to air pollution and climate change. On the other hand, current commercial photovoltaic

technologies and the ones under development employ toxic minerals and chemical compounds, are expensive or use energy-intensive manufacturing processes. Given this problem, the aim of this project is to create a bio-sensitized solar cell using the bacteriorhodopsin (bR) photoactive protein to capture solar energy and transform it into electrical energy, seeking to replace synthetic dyes. The substrates on which the protein will be immobilized will be prepared by coating conductive glass (ITO) with TiO<sub>2</sub>. To verify the immobilization of the bR and its functionality, Raman spectroscopy, FTIR and UV-Vis will be used, as well as SEM electron microscopy. The molecular orbital energy (LUMO and HOMO) of the protein will be determined by means of cyclic voltammetry. A suitable redox mediator will be selected from the position of the LUMO and HOMO. The bR photoanodes will be assembled with counter electrodes and filled with an electrolyte that contains the selected redox pair, to obtain the bR-sensitized solar cells (bR-CS). The power generated by the bR-CS will be determined by means of a current-voltage measurement under the illumination of a solar simulator. On the other hand, the resistance and charge transfer rate of the bR-CS using different surfactants will be compared by means of electrochemical impedance spectroscopy, in order to improve the charge transfer at the interface. The intrinsic conductance resistance of the bR will be measured by means of nanogap electrodes. The experimental data will fit a mathematical model of the equivalent circuit of the bR-CS to compare the resistance values of the internal components of the cell. The project aims to transfer the knowledge acquired and developed during the Ph.D. program of professor Claudia Chaves Villarreal financed by World Bank scholarship to Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Given the importance of the development of the national energy

capacity, and considering the richness of biodiversity that Costa Rica has for renewable and sustainable energy generation, it is essential to study new systems to provide sustainable energy generation alternatives based on innovation in technology efficient biophotovoltaic. The creation of synergies between ITCR and other international institutions encourages the development of renewable energies in Latin America, in addition to contributing to the exchange of knowledge and generation of reliable, efficient and low-polluting energy, for overcoming poverty and improving the life quality in our region.

**Keywords:** biophotovoltaics, bacteriorhodopsin, bio-sensitized solar cell, surfactant, bioenergy

## **PROYECTO 40: 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 2022

**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](mailto: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  $\text{¢}65.000$  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 biomásas 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 contribuir 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 41: Producción de mutantes de arroz (*Oryza sativa*) tolerantes a herbicidas utilizando rayos gamma para contribuir con el manejo sostenible del cultivo**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Biotecnología Agrícola

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Biología

Participante Escuela de Física

**Investigador Coordinador:** Lic. Jason Pérez Chaves

Contacto: [jasperez@tec.ac.cr](mailto:jasperez@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El mejoramiento genético de arroz se ha enfocado en la búsqueda de variedades que muestren tolerancia o resistencia a condiciones específicas que limitan la producción. Uno de los factores más limitantes es el combate de malezas, que pueden disminuir hasta 50 % la cosecha, si no se realiza oportunamente. Los métodos de combate utilizados convencionalmente no son viables en arroz, teniendo en cuenta que este es un cultivo extensivo, lo que imposibilita equilibrar el tiempo de deshierba y la aparición y abundancia de malezas en el terreno. Actualmente no existe ningún otro método de control de malezas que sea tan eficiente como el uso de herbicidas, ganando gran aceptación entre los agricultores por el aumento generalizado en la producción y la incorporación de prácticas de cero o mínima labranza, que se traducen en menor impacto en el ambiente y en la salud de los trabajadores, siendo un método más barato para el manejo. Por lo anterior, el desarrollo de variedades con tolerancia a herbicidas hará más eficiente y oportuno el combate de malezas. Para este propósito, la mutagénesis radioinducida en arroz es de amplio uso para la generación de variabilidad genética y ha sido más fácilmente aceptada por productores y consumidores que otras técnicas de mejoramiento como la transgénesis y el mejoramiento convencional que requiere mucho tiempo e inversión. En esta investigación se propone la obtención de mutantes tolerantes a los herbicidas ariloxifenoxipropionatos y atrazinas, utilizando radiaciones gamma en callos embriogénicos de arroz de una variedad comercial demandada por los consumidores. Para esto, investigadores del Centro de Investigación en Biotecnología, la Escuela de Física y un estudiante de doctorado de DOCINADE se unieron para el desarrollo de la

presente investigación. Callos embriogénicos serán inducidos a partir de semillas establecidas asépticamente in vitro. Estos callos serán irradiados con diferentes dosis para determinar la DL50. La sensibilidad a los herbicidas será determinada en callos no irradiados e irradiados y cultivados en el medio adicionado con los herbicidas. Finalmente, las líneas mutantes regeneradas serán multiplicadas y transferidas al invernadero para la obtención de la M2. Adicionalmente, estas plantas de la M1 y M2 con tolerancia a herbicidas serán analizadas mediante secuenciación de los genes blanco psbA y ACCasa. Utilizando herramientas bioinformáticas se analizará el tipo de mutación y la heredabilidad de la resistencia a los herbicidas. Las líneas tolerantes podrán ser transferidas a los productores para su evaluación en campo.

**Palabras clave:** Selección in vitro, tolerancia a herbicidas, mutantes, radiación gamma, arroz

## **Abstract**

Genetic improvement of rice has been focused on the search of varieties that show tolerance or resistance to specific conditions that limit production. One of the most limiting factors is weeds control, which reduce harvest by up to 50%, if not done in a timely manner. Conventional methods of control are not viable in rice, due to it is an extensive crop it is impossible to balance the time of weeding and the appearance and abundance of weeds in the field. Currently there is no other method of weed control as efficient as the use of herbicides, gaining great acceptance among farmers by the widespread increase in production and the incorporation of zero or minimum tillage

practices, which result in less impact in the environment and in the health of the workers, and the most cost-effective way for weed control. Therefore, the development of herbicide tolerant varieties will make weed control more cost and time-effective. For this purpose, radio-induced mutagenesis in rice is widely used for the generation of genetic variability and has been more easily accepted by producers and consumers than other breeding techniques such as transgenesis and conventional breeding that requires a lot of time and investment. This purpose of this research is obtaining mutants tolerant to aryloxyphenoxypropionate and atrazine herbicides, irradiating embryogenic calluses of rice with gamma rays using a commercial variety demanded by consumers. The methodology will consist on inducing embryogenic calluses from seeds established aseptically in vitro, then, those calluses will be irradiated with different doses to determine the LD50. Afterwards, the sensitivity to herbicides will be determined in non-irradiated and irradiated calluses by culturing them in the medium with the herbicides. Mutant lines regenerated will be multiplied and transferred to the greenhouse to obtain the M2. Additionally, these M1 and M2 plants with tolerance to herbicides will be analyzed by sequencing the target psbA and ACCase genes. The type of mutation and the heritability of herbicide resistance will be analyzed using bioinformatic tools. Tolerant lines will be transferred to farmers for evaluation in the field.

**Keywords:** In vitro selection, herbicide tolerance, mutants, gamma irradiation, rice

## **PROYECTO 42: Desarrollo de una mezcla de microorganismos benéficos para el incremento de la vida útil post-cosecha de la cebolla en la zona norte de Cartago**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Biotecnología Agrícola

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Ing. William Rivera Méndez

Contacto: [wirivera@tec.ac.cr](mailto:wirivera@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Uno de los factores que causa mayores pérdidas económicas en la agrocadena de cebolla son las pérdidas post-cosecha causadas por hongos saprófitos y descomponedores que pudren los bulbos durante el período de almacenamiento. Estas pérdidas calculadas representan entre un 15 a un 20% del total de 38778 toneladas, con un valor de 2.326.680.000 millones de colones para el 2018. Las únicas tecnologías disponibles son los secadores industriales de pequeña escala, que están valorados en al menos 100 millones de colones, y la otra, son secadores solares de baja eficiencia. El alto costo de la primera opción tecnológica hace que los agricultores no tengan acceso a estos y utilicen procesos de secado físico, que dependen de los factores ambientales pero que tienen grandes limitaciones en su eficacia para reducir los daños por enfermedades en el almacenamiento. El abordaje del problema y la solución que se plantea en esta propuesta es bastante novedosa por la incorporación de tecnologías microbiológicas para el establecimiento de una barrera protectora en la cebolla. La idea principal es desarrollar una mezcla de microorganismos y aditivos, que aceleren el proceso de secado de los bulbos y a la vez, brinden una protección biológica contra el crecimiento de los hongos que causan la pudrición del material vegetal en las bodegas. Esta propuesta es una solución de bajo costo, que puede impactar positivamente en el sector cebollero nacional y en el mercado interno de hortalizas. Además, puede ser la base de un conocimiento protegible por parte de la Institución y que permita su transferencia exitosa a productores, técnicos y/o empresarios. La revisión bibliográfica permitió corroborar que hay muy pocas investigaciones en esta área, por lo que el aporte del TEC en la generación de conocimiento sobre cómo

se desarrollan los mecanismos de biocontrol en procesos productivos de secado y almacenamiento, puede considerarse muy vinculante y altamente novedoso. Además, en referencia al quehacer propiamente en investigación científica del TEC, actualmente, el grupo de investigación en Biocontrol del CIB es el único equipo de investigación en Centroamérica y de los pocos en Latinoamérica, centrado en el desarrollo de tecnologías para la mejora del cultivo de la cebolla. Se tiene una hoja de ruta en este cultivo de 10 años de investigación y esto ha permitido consolidar al Laboratorio de Biocontrol del CIB ante el sector productivo nacional y vincularlo con éxito a centros de investigación a nivel internacional.

**Palabras clave:** Cebolla, tecnología post-cosecha, microorganismos, secado

## **Abstract**

One of the factors causing greater economic losses in the onion agro-chain is the post-harvest losses caused by saprophytic and decomposing fungi that rot the bulbs during the storage period. These calculated losses represent between 15 and 20% of the total 38,778 tons, with a value of 2,326,680,000 million colones by 2018. The only available technologies are small-scale industrial dryers, which are valued at least 100 million colones, and the other, are low-efficiency solar dryers. The high cost of first technological option means that farmers do not have access to them and use physical drying processes (second technology), which depend on environmental factors but which have great limitations in their effectiveness in reducing storage damage. The approach to problem and the solution exposed in this

proposal is quite novel because of the incorporation of microbiological technologies for the establishment of a protective barrier in onions. The main idea is to develop a mixture of microorganisms and additives, which accelerate the drying process of bulbs and, at the same time, provide a biological protection against the growth of fungi that cause the rot of vegetables in the cellars. This proposal is a low-cost solution that can have a positive impact on the onion sector and on the domestic vegetable market. In addition, it can be the basis of a knowledge that can be protected by the Institution and that allows its successful transfer to producers, technicians and / or entrepreneurs. The bibliographic review allowed to corroborate that there is very little research in this area, so the contribution of the TEC in the generation of knowledge on how the biocontrol mechanisms are developed in productive processes of drying and storage, can be considered very binding and highly innovative. In addition, in reference to the proper work in scientific research of TEC, at present, this research group is the only team in Central America and of the few in Latin America, focused on the development of technologies for the improvement of onion cultivation. There is a roadmap in this crop of 10 years of research and this has allowed to consolidate the Biocontrol Laboratory of CIB before the national productive sector and link it successfully to Research Centers at an international level.

**Keywords:** Onion, post-harvest technology, microorganisms, drying

## **PROYECTO 43: 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 2022

**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](mailto: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 (ésteres 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 reinserción 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 44: Alimentómica de microalgas: determinación de metabolitos primarios y secundarios en biomasas microalgales para la elaboración de alimentos funcionales**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Biotecnología Ambiental

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Biología

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Maritza Guerrero Barrantes

Contacto: [mguerrero@tec.ac.cr](mailto:mguerrero@tec.ac.cr)

## **Resumen**

En los últimos años el grupo de investigación en microalgas del CIB ha liderado proyectos a nivel nacional para la utilización de las microalgas como un suplemento alimenticio carbono-neutral potencial para la alimentación de animales. Estas han mostrado perfiles nutricionales de altos contenidos de proteína, carbohidratos y lípidos funcionales. Por medio del desarrollo de sistemas de producción en donde se aprovecha los residuos agroindustriales se ha disminuido los costos de producción de materias primas que puedan sustituir parcialmente el maíz y la soya. Sin embargo, los beneficios de las microalgas no se limitan a su contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos, estas presentan una serie de metabolitos y minerales que podrían contribuir a mejorar la nutrición y la salud de los animales y del ser humano. Actualmente, a nivel nacional la información con que se cuenta del contenido de los metabolitos primarios y secundarios en las biomasas cosechadas con medios de cultivo alternativos es muy limitado, se requiere comprender con detalle la composición de los metabolitos secundarios y minerales lo que permitiría al sector industrial conocer la composición de las biomasas de la microalga y usarlas en la construcción de suplementos de animales o humanos como un alimento funcional. Para ello, se requiere profundizar en los estudios haciendo uso de herramientas como las omicas para mostrar todo el potencial que las microalgas presentan. A través de la alimentómica (disciplina que examina todo el conjunto de sustancias presentes en los alimentos, sus propiedades nutricionales y su impacto en la salud) se realizará un estudio transdisciplinario para determinar el perfil de metabolitos de las microalgas *Haematococcus pluvialis*, *Isochrysis galbana* y *Arthrospira maxima* como fuente potencial

de alimentos funcionales. Se desarrollarán cultivos suplementados con micronutrientes como Zinc (Zn), Manganese (Mn) y Selenio (Se) para su incorporación en la biomasa microalgal, además, se realizarán ensayos para determinar el poder antioxidante (valor ORAC). La investigación incluye, además, pruebas de escalamiento y determinación de puntos críticos, para asegurar el crecimiento estable de las microalgas en condiciones de cultivo masivo al ser suplementadas con micronutrientes. Se realizará el diseño de un prototipo de núcleo mineral proteico para el sector avícola, acuícola y un prototipo de Snack para humanos que cumpla con las normativas del reglamento RTCA y el Código Alimenticio. Los resultados generados permitirán impactar a las industrias de producción alimenticia nacional y a los consumidores debido a las posibles mejoras a nivel nutricional de los productos derivados de huevos, pescado y biomasa de microalgas lo cual contribuiría a la salud pública con acciones que atiendan las diferentes formas de malnutrición que se podría presentar en nuestra sociedad. El proyecto puede generar conocimiento innovador donde se podría generar patentes o secreto industrial, a su vez el producto (s) podrían concebir alternativas de solución para diversos sectores con represión alimentaria tales como: pacientes con diversas patologías, pacientes quirúrgicos, adultos mayor y familias en desnutrición.

**Palabras clave:** Alimentos funcionales, micro nutrientes, microalgas

## **Abstract**

In recent years our research group has led projects nationally for the use of microalgae as a potential carbonneutral food supplement for animal feed. These have shown nutritional profiles of high contents of protein, carbohydrates and functional lipids. Through the development of production systems where agroindustrial waste is used, the production costs of raw materials that can partially replace corn and soy have been reduced. However, the benefits of microalgae are not limited to their content of proteins, lipids and carbohydrates, they present a series of metabolites and minerals that could contribute to improving the nutrition and health of animals and humans. At present, at the national level the information on the content of the primary and secondary metabolites in the biomass harvested with alternative culture media is very limited, it is required to understand in detail the composition of amino acids, the lipid profile, the carbohydrates present, the secondary metabolites and minerals that would allow the industrial sector to know the composition of the microalga biomass and use them in the construction of animal or human supplements as a functional food. To do this, it is necessary to deepen the studies using tools such as omics to show the full potential of microalgae. Through the foodomic (discipline that examines the whole set of substances present in food, their nutritional properties and their impact on health) a transdisciplinary study will be carried out to determine the metabolite profile of the microalgae *Haematococcus pluvialis*, *Isochrysis galbana* and *Arthrospira maxima* as a potential source of functional foods. Cultures supplemented with micronutrients such as Zinc (Zn), Manganese (Mn) and Selenium (Se) will be developed for their incorporation into the microalgal biomass, in addition, tests will

be carried out to determine the antioxidant power (ORAC value). The research also includes scaling tests and determination of critical points, to ensure the stable growth of microalgae in mass culture conditions when supplemented with micronutrients. The prototype of a protein mineral core for the poultry, aquaculture sector and a human Snack prototype that complies with the regulations of the RTCA bylaw and the Food Codex will be made. The results generated will impact the national food production industries and consumers due to possible nutritional improvements of products derived from eggs, fish and microalgae biomass which would contribute to public health with actions that address the different forms of malnutrition that could occur in our society.

**Keywords:** Functional foods, micro nutrients, microalgae

## **PROYECTO 45: Proceso de domesticación del coyol (*Acrocomia aculeata*) como una alternativa bioenergética en Costa Rica, Fase II**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Biotecnología Ambiental

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Maritza Guerrero Barrantes

Contacto: [mguerrero@tec.ac.cr](mailto:mguerrero@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El gobierno de Costa Rica tiene planteado como meta, lograr la descarbonización al 2050, para cumplir con esto es necesario buscar y desarrollar nuevas alternativas al uso de combustibles fósiles, como lo sería el empleo de especies oleaginosas como fuentes alternativas de biocombustibles. Se ha identificado el coyol (*Acrocomia aculeata*) como una especie con gran potencial bioenergético. De los frutos se obtiene aceite y se produce biodiesel. El aceite presenta un alto valor alimenticio. En Costa Rica además de usarse como bebida, los frutos son mayormente utilizados como alimento para el ganado, siendo esta una fuente de alimentación natural para los animales en pastoreo. Aparte de esto, se conoce que su savia fermentada puede ser utilizada para hacer el llamado vino de coyol, un tipo de licor común en la zona de Guanacaste. De los residuos del producto de la extracción del aceite se puede generar una gran diversidad de productos tales como carbón con alto valor calorífico, pellets y otros productos ricos en fibras, lípidos, proteínas, macro y micronutrientes, componentes con gran cantidad de antioxidantes, alimento animal y humano. Un grupo de investigadores de las universidades estatales, dieron los primeros pasos para el uso de esta especie dentro de un modelo de cultivos, donde se identificaron factores críticos que deben resolverse para lograr la domesticación del coyol en Costa Rica. Durante esta primera fase del proyecto se identificaron y caracterizaron árboles de coyol en diferentes zonas del país, de los cuales se establecieron en un banco de germoplasma ubicado en la Estación Experimental Fabio Baudrit. En la segunda fase se propone una identificación y seguimiento de las mejores plantas en la Región Central y Pacífica de Costa Rica, con el fin de determinar las mejores

plantas en términos de la cantidad y calidad del aceite. Dentro de los estudios que se proponen realizar están: fenología reproductiva, caracterización genética y del aceite, así como pruebas de germinación de las semillas bajo diferentes métodos para lograr contar con material que pueda ser utilizado por los agricultores. Estos esfuerzos van alineados con lo propuesto en el Programa Nacional de Bioenergía del MAG, PITTA-Bioenergía y la iniciativa de carbono neutralidad a nivel país, también se contará con el apoyo internacional del Dr. Carlos Colombo (Brasil), experto en mejoramiento genético de coyol, el cual mediante una pasantía realizada en el 2018, se reafirmó la colaboración conjunta con el TEC y permitirá el aprovechamiento del conocimiento generado por su equipo para el cumplimiento de los objetivos planteados. Finalmente se busca activar la agroindustria y acompañar a los agricultores, que les permita abrir opciones generadoras de empleo y riqueza, donde no solamente se obtendría bioenergía, sino subproductos a partir de la actividad agrícola e industrial.

**Palabras clave:** Coyol, *Acrocomia aculeata*, bioenergía, domesticación

## **Abstract**

The government of Costa Rica has as a goal, to achieve decarbonization by 2050; to comply with this it is necessary to seek and develop new alternatives to the use of fossil fuels, such as the use of oilseeds as other sources of biofuels. Coyol (*Acrocomia aculeata*) has been identified as a species with great bioenergetic potential. Oil is obtained from the fruits and with it biodiesel is produced. The oil has a high nutritional value. In

Costa Rica, in addition to being used as a beverage, the fruits are mostly used as food for livestock, this being a natural food source for grazing animals. Apart from this, it is known that its fermented sap can be used to make the so-called coyol wine, a type of liquor common in the Guanacaste area. From the residues of the oil extraction a great diversity of products can be produced, such as; coal with high calorific value, pellets and other products rich in fibers, lipids, proteins, macro and micronutrients, components with a large amount of antioxidants, animal and human food. A group of researchers from state universities took the first steps to use this species within a crop model, where critical factors were identified that must be resolved to achieve domestication of coyol in Costa Rica. During this first phase of the project, coyol trees were identified and characterized in different areas of the country, of which they were established in a germplasm bank located at the Fabio Baudrit Experimental Station. In the second phase, an identification and monitoring of the best plants in the Central and Pacific Region of Costa Rica is proposed, in order to determine the best plants in terms of the quantity and quality of the oil. Among the studies that are proposed to be carried out are: reproductive phenology, genetic and oil characterization, as well as tests of seed germination under different methods to achieve material that can be used by farmers. These efforts are aligned with the proposals in the National Bioenergy Program of the MAG, PITTA Bioenergy and the carbon neutrality initiative at the country level. International support will also be provided by Dr. Carlos Colombo (Brazil), expert in genetic improvement of coyol, which through an internship held in 2018, reaffirmed the joint collaboration with the TEC and will allow the use of the knowledge generated by its team to meet the objectives set. Finally, it seeks to activate agribusiness and accompany

farmers, which allows them to open employment and wealth generating options, where not only bioenergy would be obtained, but by-products from agricultural and industrial activity.

**Keywords:** Coyol, *Acrocomia aculeata*, domestication

## **PROYECTO 46: 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 2021

**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](mailto: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.

## **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.

**Keywords:** Proinsulin, *Nicotiana tabacum*, genetic transformation, recombinant protein, signal peptide, bioactivity.

## **PROYECTO 47: 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 2022

**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:** Dra. Laura Calvo Castro

Contacto: [ancalvo@tec.ac.cr](mailto:ancalvo@tec.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 elicitación 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 48: Desarrollo de un proceso industrial para la producción de un bio-material y subproductos a partir de la fibra de la hoja de la piña**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Biotecnología Ambiental

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dr. Giovanni Garro Monge

Contacto: [ggarro@tec.ac.cr](mailto:ggarro@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Este es un proyecto de investigación aplicada que pretende desarrollar un proceso industrial eficiente a gran escala para procesar grandes volúmenes de la hoja de la planta de la piña y transformarla en materias primas de alto valor agregado para otras industrias. Como primer objetivo se plantea la transformación en un bio-material que pueda ser empleado en primera instancia en la producción de los empaques de exportación de la misma industria piñera, y, en segundo lugar, subproductos de alto valor agregado como la celulosa para las industrias alimenticia, química y farmacéutica. El proyecto se plantea en etapas, siendo la primera la investigación propia para la transformación del residuo en los productos esperados, la implementación de una planta piloto, la producción de un “producto mínimo viable”, estudio de mercado para subproductos, comercialización del producto mínimo viable y el diseño del escalamiento industrial proyectado. En una segunda etapa se realizaría el escalamiento requerido. La hoja de la piña contiene elementos valiosos con potencial comercial explotable como materia prima en otras industrias. De forma resumida esos elementos son: ▪ Fibra que cuenta con características físicas de torsión, elasticidad, resistencia térmica y otras, deseables para la producción de un bio-material. Además, existe evidencia de sus beneficios al ser aplicada en procesos para fortificar otros materiales como el concreto, plásticos y bioplásticos. ▪ Lignina: tiene alto valor como combustible y también como potencial bio-fertilizante y para otras aplicaciones en la industria química. ▪ Celulosa: con procesos sencillos de transformación tiene alto valor para la industria farmacéutica, química, alimenticia y nutracéutica. El objetivo primordial de este proyecto es procesar de forma industrial y eficiente la

mayor cantidad de la biomasa generada por la hoja de la planta de la piña que actualmente es dejada en el campo (9 millones de toneladas aprox.). La razón es que, para alcanzar eficiencias operativas, se requiere ser capaz de procesar industrialmente altos volúmenes de biomasa, para reducir costos y también para generar una solución de impacto nacional.

**Palabras clave:** bio-material, piña, residuos agroindustriales, fibra natural, biomasa

### **Abstract**

This is an applied research project that aims to develop an efficient large-scale industrial process to process large volumes of the pineapple plant leaf and transform it into high value-added raw materials for other industries. The first objective is the transformation into a bio-material that can be used in the first instance in the production of export packaging of the same pineapple industry, and, secondly, by-products of high added value such as cellulose for industries Food, chemical and pharmaceutical. The project is proposed in stages, the first being its own research for the transformation of the waste into the expected products, the implementation of a pilot plant, the production of a “minimum viable product”, market study for by-products, marketing of the minimum product viable and the projected industrial scaling design. In a second stage the required scaling would be performed. The pineapple leaf contains valuable elements with exploitable commercial potential as a raw material in other industries. In summary these elements are: ▪ Fiber that has physical characteristics of torsion, elasticity, thermal resistance and others, desirable for the

production of a bio-material. In addition, there is evidence of its benefits when applied in processes to fortify other materials such as concrete, plastics and bioplastics. ▪ Lignin: it has high value as a fuel and also as a bio-fertilizer potential and for other applications in the chemical industry. ▪ Cellulose: with simple transformation processes it has high value for the pharmaceutical, chemical, food and nutraceutical industry. The main objective of this project is to process industrially and efficiently the greatest amount of biomass generated by the pineapple plant leaf that is currently left in the field (9 million tons approx.). The reason is that, in order to achieve operational efficiencies, it is required to be able to industrially process high volumes of biomass, to reduce costs and also to generate a national impact solution.

**Keywords:** Bio.material, pineapple, agroindustrial waste, natural fiber, biomass

## **PROYECTO 49: Evaluación de la fertilidad asociada a la calidad seminal de verracos en granjas porcinas de la Región Huetar Norte**

### **Periodo de ejecución:**

Del 25 de setiembre del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Ciencias Veterinarias

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Agronomía

**Investigador Coordinador:** Dr. Anthony Valverde Abarca

Contacto: [anvalverde@tec.ac.cr](mailto:anvalverde@tec.ac.cr)

## **Resumen**

En el presente proyecto de investigación, se realizará una recolección de muestras seminales porcinas en los cantones de San Carlos, Grecia y Río Cuarto, de la Región Huetar Norte. Según el protocolo sanitario de recolección establecido por el proyecto, las muestras se trasladarán hasta el Laboratorio de Biotecnología del Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo, de la Escuela de Agronomía, ubicado en Santa Clara de Florencia. Las muestras recolectadas procederán de machos reproductores de las granjas porcinas (previa selección, coordinación y aval por parte de los productores) de las localidades seleccionadas, mediando en el proceso las medidas de bioseguridad descritas por el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA). Las muestras recolectadas se someterán a análisis de contrastación seminal mediante el análisis de parámetros microscópicos (calidad de movimiento espermático, cinética, morfología, integridad de membranas y concentración). Los parámetros estudiados serán analizados por medio sistemas automatizados de análisis de semen (CASA). El proyecto pretende crear y organizar una base de datos con los parámetros seminales evaluados por cada muestra, verraco (s), granja, zona y época para relacionar la calidad espermática con la fertilidad de las hembras por medio de los parámetros evaluados y los registros reproductivos y productivos existentes en las fincas de procedencia de los reproductores evaluados. Adicionalmente, se retroalimentará a los productores participantes por medio de la entrega de informes de los análisis y asesorando a los mismos en la interpretación y toma de decisiones en finca, basados en los datos e información que se genere.

**Palabras clave:** semen andrología, verraco, reproducción, fertilidad

## **Abstract**

In this project, boar semen samples are collected and will be conducted in the Huetar Norte Region. According to the sanitary collection protocol established by the project, the samples will be moved to the Biotechnology Laboratory of the School of Agronomy, located in Santa Clara, Florencia. The samples collected will come from breeding males of the pig farms (after selection, coordination and endorsement by the producers) of the selected localities, in the process the biosafety measures described by the National Animal Health Service (SENASA). The collected samples shall be subjected to seminal contrast analysis by analyzing microscopic variables (sperm movement quality, kinetics, morphology, membrane integrity and concentration). The parameters studied will be analyzed by means of computer assisted semen analysis (CASA). The aim is to create a database with the seminal parameters evaluated by each sample, boar (s), farm, and to relate sperm quality to the fertility of the females. In addition, the participating producers will be fed back through the submission of analytical reports and advice to them in the interpretation and making of decisions on farm, based on the data and information generated.

**Keywords:** semen, andrology, boar, reproduction, fertility

## **PROYECTO 50: Caracterización del daño oxidativo por el humo del cigarro en células epiteliales normales y su posible quimioprevención con extractos de manzana y ciruelo**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Investigación en Biomedicina

**Sub área:** medicina regenerativa

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Carolina Centeno Cerdas

Contacto: [ccenteno@tec.ac.cr](mailto:ccenteno@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El cáncer es un problema público creciente, con un estimado mundial de más de 6 millones de nuevos casos por año, y a pesar de los continuos e importantes avances en la investigación biomédica, se predice que en América Latina habrá más de 1 millón de muertes relacionadas con el cáncer en el año 2020 [4]. Teniendo en cuenta el mecanismo de acción del humo y alquitrán del cigarro, puede pensarse en prevenirlo y/o contrarrestarlo con el suministro de moléculas antioxidantes.

Múltiples moléculas activas en productos naturales se han asociado con efectos benéficos sobre la salud, entre los que destaca la quimioprevención, en que una enfermedad puede ser prevenida, retardada o revertirla mediante la administración de una o más sustancias de origen natural ó sintético [5]. En los últimos años, la popularidad de las frutas ha incrementado debido a sus aportes para una buena salud; se ha reportado sus beneficios tanto en el tratamiento como en la prevención de enfermedades crónicas como obesidad, cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y problemas del sistema inmune [6-11]. Dado que el origen de estas enfermedades está ligado a la acumulación de daño oxidativo e inflamación durante el envejecimiento, el consumo de compuestos antioxidantes de origen vegetal podría ser particularmente útil para ayudar a mejorar la salud humana [6]. La colaboración con institutos internacionales, y la experiencia adquirida en el establecimiento de cultivos primarios y mantenimiento de líneas celulares ha permitido a nuestro equipo de trabajo, la caracterización de sustancias bioactivas de fuentes botánicas con posibles aplicaciones preventivas y terapéuticas, incluyendo estudios publicados de mora [12, 13],

manzana, anona y ciruelo [14-16], y varias plantas medicinales (Phyllanthus, Senna reticulata, Pettiveria alliaceae) [17-19]. En el caso de la mora, por ejemplo, se determinó que el jugo de mora costarricense posee un efecto quimioprotector en modelos de estudio epiteliales contra los daños inducidos por la luz ultravioleta [12, 13]. Otros estudios previos de nuestro grupo han demostrado un contenido total de polifenoles >500 mg GAE (equivalentes de ácido gálico)/g de extracto de fruta en la manzana y ciruelo, incluyendo particularmente proantocianidinas [14, 15]. La manzana presenta además compuestos polifenólicos en la cáscara y la pulpa [20]. Por otro lado, el ciruelo contiene compuestos con potencial antioxidante (flavonoides y carotenoides), un alto contenido de fibra y es rico en vitaminas A y C. Por otro lado, Tomás Egaña, colaborador de la Pontificia Universidad Católica de Chile, tiene amplia experiencia en el estudio de los efectos del humo de cigarro en las células madre mesenquimales, en la regeneración tisular [21, 22], y el efecto de diversos antioxidantes sobre osteoblastos humanos dañados por su exposición al humo de cigarrillo [23].

Con base en lo anterior, la presente propuesta plantea caracterizar los efectos de extractos de manzana y ciruelo en células expuestas al humo de cigarro, así como su actividad citotóxica sobre líneas celulares de cáncer de pulmón, actividad que será determinada por medio de pruebas de citotoxicidad, viabilidad celular, marcadores de proliferación, apoptosis y estrés oxidativo, siendo estas algunas de las principales vías activadas de manera anómala en los procesos cancerígenos. Este modelo es de especial interés debido a que el carcinoma epidermoide figura como el principal tipo de carcinoma asociado al fumado, problemática de salud pública en la que el

país ha asumido un compromiso de mayor control mediante la firma del Convenio Marco de la Organización Mundial de la Salud (OMS; Ministerio de Salud, 2012).

**Palabras claves:** Humo Cigarro, cáncer, polifenoles, daño oxidativo

### **Abstract**

Cigar smoke is associated with a large number of pathologies and it represents a public health problem around the world. The free radicals contained in cigarette smoke and particles and their harmful effects on health [3] are not limited to tissues in direct contact with them, such as the different epithelia, but rather have a systemic effect, affecting practically everyone the tissues of the organism mainly due to the fact that these reactive species are capable of penetrating viable cells and producing lipid peroxidation, breaks, oxidation and other changes in the genetic material, proteins, lipoproteins, and other molecules.

## **PROYECTO 51: Estimación de parámetros propios del clima espacial mediante técnicas de aprendizaje automático**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ingeniería y Tecnología

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

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Mecatrónica

**Investigador Coordinador:** Ing. Juan Luis Crespo Marino

Contacto: [jcrespo@tec.ac.cr](mailto:jcrespo@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El uso de técnicas de aprendizaje automático para la predicción o determinación de relaciones entre variables que describen fenómenos físicos, ha resultado ser una gran herramienta en el ámbito científico, en especial debido a los últimos avances en materia de desarrollo de nuevas técnicas cada vez más sofisticadas. El clima espacial por su parte, consiste en el estudio de las condiciones ambientales en la vecindad de la tierra. Uno de los fenómenos que mayormente produce un cambio significativo en las condiciones del viento solar y por lo tanto afecta la magnetosfera y la ionosfera terrestre son las grandes erupciones de plasma y campo magnético eyectadas desde sol, conocidas como eyecciones de masa coronal (CME)

las cuales, en su interacción con el medio interplanetario reciben el nombre de eyecciones de masa coronal interplanetarias (ICME), tales condiciones pueden ocasionar una afectación en la operación de sistemas en órbita tales como nano satélites o en la tierra, tales como afectaciones a sistemas de comunicación, entre otros. El aprendizaje automático aplicado al clima espacial, representa una gran oportunidad científica para conocer mejor el fenómeno y predecir ciertos eventos asociados a la actividad solar. En este trabajo se investiga la aplicación de diversos mecanismos de aprendizaje automático, para estimar una serie de parámetros necesarios en el estudio de las condiciones del medio interplanetario en los alrededores de la tierra y llevar a cabo predicciones del clima espacial. Este proyecto de investigación se desarrolla en colaboración con el Centro de Investigaciones Espaciales de la Universidad de Costa Rica donde se construye un Radio Telescopio para el estudio del clima espacial, y de donde se obtendrán los datos que serán utilizados en las diversas

técnicas de aprendizaje automático a desarrollar para las diferentes estimaciones del clima espacial tales como predicción de tiempo de tránsito de las CMEs, la influencia mutua de emisiones solares originadas en zonas cercanas en la superficie solar, entre otros. Este proyecto es la continuación de una línea de investigación conjunta entre la UCR y el Laboratorio LIANA (Área Académica de Ingeniería Mecatrónica) cuyo objetivo principal es disponer en Costa Rica de un radiotelescopio destinado a la investigación en clima solar, dotado de algoritmos inteligentes y flexibles que ayuden en las diferentes etapas del proceso de obtención e interpretación de resultados.

**Palabras clave:** Aprendizaje automático, redes neuronales, clima espacial, eyecciones de masa coronal.

## **PROYECTO 52: Construcción de un prototipo de tomógrafo por impedancia eléctrica (EIT) para la zona del antebrazo Humano**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Computación y Electrónica

**Sub área:** Ingeniería Médica

### **Escuelas participantes:**

Participante Mecatrónica

Participante Producción Industrial

Participante Física

**Investigador Coordinador:** Fis. Marta Vilchez

Contacto: [mvilchez@tec.ac.cr](mailto:mvilchez@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La tomografía es una técnica de exploración que permite obtener imágenes de un corte o plano concreto de un cuerpo. El instrumento que se utiliza para realizar la técnica es llamado tomógrafo, y por ende la imagen resultante es un tomograma. Por los beneficios que se pueden obtener con éste tipo de exploración, este es un método ampliamente utilizado en diversos campos de la ciencia a nivel mundial. La reconstrucción tomográfica es, en realidad, el conjunto de procedimientos matemáticos que fundamentan ésta técnica. Actualmente este campo está en desarrollo y la meta es aumentar la definición de los tomogramas. En la actualidad los tomogramas son utilizados en medicina para seguir la evolución de diferentes afecciones ante un tratamiento específico. Sin embargo, para estructuras cuya conductividad es estable en el tiempo, como por ejemplo, los miembros inferiores o superiores, los esfuerzos se encaminan a mejorar la definición de los tomogramas. Las venas, los músculos y los huesos, por su composición biológica, que está en función de la fisionomía de cada ser humano, así como del género y etnia, entre otras variables, son fáciles de visualizar; en el caso de los nervios, éstos se ocultan en los músculos y capas grasas lo que dificulta su identificación. El objetivo de este proyecto es visualizar éstas últimas estructuras de manera tal que se puedan ubicar mediante la captura de imágenes más claras y precisas con el fin de facilitar una adecuada diagnosis, mejorar la estimulación eléctrica y con ello favorecer la rehabilitación de los nervios. Otro objetivo de importancia para el Tecnológico de Costa Rica es la creación de experiencia en el campo de las investigaciones con seres humanos. En la actualidad no contamos con experiencia en el desarrollo de dispositivos de

aplicación médica, como tampoco hay dominio de los estándares de la industria médica a nivel nacional o internacional, lo que limita el desarrollo de estas iniciativas a nivel país. Para esto se cuenta con la valiosa colaboración de expertos externos, el Dr. Bustos Montero del IPCI y la Dra. Varela Vindas de la Clínica El Roble, en el campo de los estudios con personas y el Ing. Minor Coto de National Instruments, en el manejo de los estándares de dispositivos implantables; sin ellos el proceso de desarrollo requeriría de una curva de aprendizaje más prolongada y no se puede asegurar con certeza, que el producto final, sea capaz de pasar los rigurosos controles de la investigación con humanos.

**Palabras clave:** Tomografía por Impedancia Eléctrica, Impedancia Eléctrica, Tomógrafo, Antebrazo, Algoritmos de Imagen.

## **PROYECTO 53: Miniaturización e integración de sistemas para obtener un prototipo operativo de bomba para sangre**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Computación y Electrónica

**Sub área:** Ingeniería Médica

### **Escuelas participantes:**

Participante Mecatrónica

Participante Física

Participante Producción Industrial

**Investigador Coordinador:** Dra. Gabriela Ortiz

Contacto: [gaby@tec.ac.cr](mailto:gaby@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en Costa Rica. En proyectos anteriores y como parte del desarrollo de un prototipo de dispositivo de asistencia cardiaca (pDAC), se han diseñado modelos del comportamiento del flujo sanguíneo en el sistema arterial, se ha modelado el comportamiento estático y dinámico de este fluido al atravesar un impulsor mecánico, se ha realizado un modelo que relaciona el comportamiento dinámico del fluido con el daño mecánico debido a hemólisis y se ha construido una planta de pruebas que emula la parte sistémica del sistema cardiovascular. En este proyecto se plantea la etapa de implementación de un dispositivo de asistencia cardiaca en Costa Rica, la cual propone realizar un prototipo operativo, es decir, un sistema de tamaño implantable, capaz de dar las prestaciones requeridas para mantener un flujo de sangre artificial, compatible con los requerimientos fisiológicos de un ser humano.

**Palabras clave:** VAD, Miniaturización dispositivos, maglev.

## **PROYECTO 54: Diseño de métodos de analítica visual (AV) en el contexto de Big Data para apoyar el proceso de desarrollo y mantenimiento de software (AVIB)**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Computación y Ciencias de la Información, Ing. Eléctrica, Electrónica e Ing. de la Información

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Ingeniería en Computadores

**Investigador Coordinador:** Ing. Jennier Solano Cordero

Contacto: [jensolano@tec.ac.cr](mailto:jensolano@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El desarrollo y mantenimiento de los sistemas de software son procesos complejos que merecen atención especial, por la incidencia que tiene en la vida de las personas y el funcionamiento de organizaciones de toda naturaleza. Estos procesos producen un gran número de cambios que requieren ser comprendidos por los programadores y los líderes de proyectos para poder realizar cambios adicionales a los sistemas. Lo anterior implica que estos procesos producen grandes volúmenes de datos en la forma de líneas de código, variables, relaciones de acoplamiento, cohesión, herencia e implementación de interfaces por cada revisión (commit) del sistema. Por lo tanto, el volumen de datos se debe multiplicar por el número de revisiones del sistema, las cuales por lo general se cuentan por miles después de unos pocos meses de evolución de un sistema mediano o grande. Como consecuencia, los datos que se generan durante los procesos de desarrollo y mantenimiento de software cumplen con las propiedades de Big Data y requiere el uso de enfoques novedosos para transformarlos en conocimiento. En este contexto, el uso de la Analítica Visual (AV) aplicada a la Evolución de Software (conocida como Evolutionary Visual Software Analytics) permite el análisis automático de los datos y su representación en elementos visuales que son desplegados mediante vistas enlazadas, las cuales se apoyan en técnicas de interacción persona-computadora y las capacidades cognitivas de los usuarios para obtener conocimiento y facilitar la toma de decisiones para efectuar cambios adicionales a los sistemas y promover su mantenibilidad. Como consecuencia, el objetivo de esta investigación es diseñar una metodología para construir

sistemas de analítica visual orientados al análisis de la evolución de software, el efecto que producen los cambios en las relaciones de herencia, implementación de interfaces, acoplamiento, cohesión entre los elementos que componen el sistema, y el impacto de los cambios en la calidad medida por métricas de complejidad, mantenibilidad y “testability”.

**Palabras clave:** Desarrollo y mantenimiento, calidad de software, métricas de software, analítica visual, minería de repositorios de software

## **PROYECTO 55: Análisis de comunidades biológicas en suelos de plantaciones de piña en la Región Huetar Norte, como opción para controles alternativos de patologías**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Agricultura, Selvicultura, Pensa y Ciencias Afines

**Sub área:** Productores agrícolas o agropecuarios

### **Escuelas participantes:**

Participante DOCINADE

Participante Agronomía

**Investigador Coordinador:** Dr. Tomás Guzmán

Contacto: [tjguzman@tec.ac.cr](mailto:tjguzman@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El desconocimiento de las comunidades biológicas que habitan los suelos, especialmente las de los suelos tropicales, es una limitante para gestionar y aprovechar los servicios ecológicos que éstas brindan a los agroecosistemas. A pesar de que es conocido que la biota edáfica, especialmente la asociada a la rizosfera, tiene un papel fundamental en la salud de la planta y en los servicios ecosistémicos en general, pocas veces se realizan prácticas de manejo agrícola orientadas a la conservación de esa diversidad, o se realizan con muy poco conocimiento de sus verdaderos efectos en el ecosistema edáfico. Por tal razón, es importante realizar estudios en nuestros suelos para entenderlos y mejorarlos. La información sobre la biodiversidad del suelo permitirá establecer parámetros para determinar de mejor forma su calidad, evaluar la efectividad de prácticas de manejo y su efecto en la sanidad del suelo, y así como estimular la supresividad de los mismos con la consecuente disminución del uso de plaguicidas. En esta investigación se tiene como objetivo contribuir al conocimiento de las comunidades biológicas de los suelos en plantaciones piñeras en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Adicionalmente se pretende generar información que permita establecer parámetros para evaluar la calidad biológica de suelos en plantaciones piñeras, y eventualmente, determinar la efectividad de las estrategias orientadas a mejorar esa calidad y el efecto de diferentes prácticas de manejo en la biodiversidad. Con tal objetivo se coleccionarán muestras de suelo y raíz en plantaciones de piña y bosques aledaños a las mismas. Para estudiar las comunidades microbianas se realizará extracción de ADN genómico del suelo, amplificación mediante PCR y secuenciación, para luego obtener unidades

taxonómicas operativas (UTOs) y árboles filogenéticos que permitan estudiar la diversidad genética. Para estudiar la mesofauna se realizará extracción y caracterización de las comunidades nematológicas, para luego calcular indicadores de diversidad con base en tales comunidades.

**Palabras clave:** Ecología del suelo, comunidades microbianas, comunidades de nematodos, plantaciones de piñeras, manejo sostenible del suelo.

## **PROYECTO 56: GWSat: prototipo de monitoreo de humedales a través de un sistema espacial tipo "store-and-forward"**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente, Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Ingeniería de la Información, Otras Ingenierías y Tecnologías

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Electrónica

**Investigador Coordinador:** Ing. Adolfo Chaves Jiménez

Contacto: [adchaves@tec.ac.cr](mailto:adchaves@tec.ac.cr)

## **Resumen**

En el contexto del desarrollo del segmento tecnológico y al impacto de la misión científica del Proyecto Irazú, implementado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), se han generado una serie de capacidades que permiten desarrollar proyectos de alto impacto en conjunto con instituciones de alto nivel. Es en este contexto, la Universidad George Washington (GWU), en Washington, Distrito de Columbia, Estados Unidos, ha invitado al TEC a desarrollar participar, en conjunto con instituciones con mucha experiencia en el desarrollo de misiones espaciales como la Academia Naval de Estados Unidos y el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT). Este proyecto fue aprobado para ser lanzado por NASA como parte de su iniciativa "NASA CubeSat Launch Initiative". El objetivo de la GWU es utilizar el CubeSat para probar una nueva tecnología de propulsión desarrollada por su universidad y demostrar aplicaciones de alto impacto con dicha plataforma. En este proyecto, la Academia Naval proveerá las pruebas necesarias para lanzar el satélite en órbita y el MIT proveerá un sistema de determinación de orientación de satélites basado en la posición de las estrellas (StarTracker). El papel del TEC en este proyecto se da en dos etapas: una misión científica y un desarrollo tecnológico. La misión científica consiste en implementar un sistema de monitoreo de niveles de agua y extensión de humedales lacustres con el diseño de estaciones remotas con comunicación diaria al satélite. La implementación de este sistema mejora la calidad de los datos de los investigadores en cambio climático, debido a la dificultad para medir dichas variables, por problemas de acceso físico (zonas pantanosas con variabilidad alta de niveles de agua) como de accesos de sistema de telecomunicación, debido a

que estas zonas son usualmente muy remotas. La misión tecnológica del TEC consiste en diseñar un innovador sistema de control de orientación para satélites, usando las nuevas capacidades que habilitan los sensores brindados por el MIT y los actuadores (propulsión) brindada por la GWU para la precisa orientación del satélite. Es importante destacar que por su novedad, se debe hacer una investigación para predecir la verdadera capacidad de control con estos nuevos sistemas, y el área de control satelital es una de las especialidades de los profesionales de Laboratorio de Sistemas Espaciales de la Escuela de Ingeniería Electrónica del TEC.

**Palabras clave:** Humedales, CubeSat, Control de Orientación Satelital, satélite, sensores remotos, cambio climático.

## **PROYECTO 57: Diseño e Implementación de Interfaces de Comunicación de Alta Velocidad para Dispositivos Médicos a la Medida**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Computación y Electrónica

**Sub área:** Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Ingeniería Médica

### **Escuelas participantes:**

Participante Ingeniería en Electrónica

Participante Ingeniería en Mecatrónica

Participante Matemática

**Investigador Coordinador:** Dr. Renato Rímolo

Contacto: [rrimolo@tec.ac.cr](mailto:rrimolo@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Sistemas electrónicos modernos cuentan con múltiples interfaces para comunicarse tanto a nivel intra como inter sistema, las cuales deben trabajar a altas velocidades para poder cumplir con las demandas de desempeño y funcionalidad que impone el mercado electrónico contemporáneo. En el campo de aplicación de dispositivos médicos, esta funcionalidad es crítica debido a la necesidad de poder exportar en una forma eficiente y segura los datos de pacientes que estos sistemas recopilan, además de su monitorización constante para garantizar un buen funcionamiento. La cantidad de aplicaciones también se ha multiplicado con el advenimiento de sistemas de monitoreo personales, dispositivos médicos implantables (IMDs) y vestibles (“wearables”). El objetivo de este proyecto es desarrollar diseños propios para interfaces de comunicación eléctricas de alta velocidad alambradas a nivel de circuito integrado, utilizando estándares modernos. Esto se realizará aplicando la metodología de diseño en ingeniería, con un acercamiento “top-down” para el diseño de circuitos integrados de alta velocidad en señal mixta, considerando el análisis de integridad de señales y potencia para las interconexiones y la validación formal a la luz de un estándar comercial. Como productos de esta investigación con vinculación internacional, se espera que los diseños validados se conviertan en bloques de propiedad intelectual que puedan ser integrados a los diseños que se desarrollan en el laboratorio de circuitos integrados (DCI Lab) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) para aplicaciones biomédicas, una industria que representa cerca del 4% del PIB en Costa Rica con dos mil millones de dólares en exportaciones.

**Palabras clave:** Circuitos integrados, enlaces de comunicación eléctricos, enlaces seriales de alta velocidad, integridad de señales y potencia, dispositivos médicos.

## **PROYECTO 58: Diseño de Arquitecturas Multinúcleo para Aplicaciones de Procesamiento Masivo de Datos (“Big Data”)**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Computación y Electrónica

**Sub área:** Ingeniería Eléctrica, Electrónica

### **Escuelas participantes:**

Participante Ingeniería en Electrónica

Participante Ingeniería en Mecatrónica

**Investigador Coordinador:** Dr. Alfonso Chacón

Contacto: [alchacon@tec.ac.cr](mailto:alchacon@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El avance en el estudio de problemas computacionales complejos inherentemente distribuidos, en áreas tales como la investigación del sistema nervioso humano y el procesamiento de energía en redes inteligentes, se ha topado con un problema cada vez más grave de ineficiencia de cálculo, dado que arquitecturas tradicionales de computación no están orientadas al transporte masivo de datos procesados de manera distribuida. En este proyecto, por tanto, se propone como objetivo el diseño de arquitecturas multinúcleo energéticamente eficientes para aplicaciones que requieran dicho procesamiento masivo de datos (conocido típicamente como Big Data). Este es un fértil campo de exploración para la propuesta de arquitecturas novedosas que den abasto con los requerimientos extremos de velocidad de procesamiento con consumos razonables de potencia, por ejemplo, para utilizarse en el modelado de estructuras nerviosas o cerebrales realistas, o la administración de microrredes eléctricas. El proyecto se abocará al diseño e integración de las arquitecturas seleccionadas en circuitos integrados, sobre una tecnología CMOS particular, siguiendo la metodología particular de diseño “top-down”, con su respectiva verificación eléctrica y funcional según el estándar industrial UVM. Todo lo anterior dentro de un sistema ya completo que resuelva al menos dos problemas de usuario final –escogidos de manera preliminar pero no necesariamente restringida–: la simulación de una granja masiva fotovoltaica, o la simulación biofísicamente realista de una sección del sistema nervioso humano, por ser ambas áreas en las que este grupo de investigadores ya cuenta con experiencia. Se espera culminar el proyecto con un sistema integrado eficiente, que solucione el problema propuesto de

procesamiento por medio de las arquitecturas heterogéneas microintegradas y que posea las interfaces estándar de transferencia de datos adecuadas para eliminar los cuellos de botella típicos en los sistemas actuales. Además, es necesario que el producto final sea flexible (dado la potencial variedad de usos en computación científica a los que se podrían someter) y poseer una interfaz amigable de usuario que permita su uso eficiente por parte de científicos de áreas lejanas a la computación y la electrónica.

**Palabras clave:** Arquitecturas heterogéneas multinúcleo de procesamiento, Interfaces de comunicación, Microelectrónica, Circuitos integrados, Verificación de circuitos integrados, FPGA, Procesamiento masivo de datos, Usabilidad.

## **PROYECTO 59: Diseño de técnicas de interacción para analítica visual en entornos colaborativos de múltiples dispositivos**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Computación y Ciencias de la Información

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Computación

**Investigador Coordinador:** Dr. Erick Mata Montero

Contacto: [emata@tec.ac.cr](mailto:emata@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Tradicionalmente, las tareas de interacción persona-computadora en analítica visual se han basado en dispositivos computacionales convencionales equipados con un teclado y un monitor. Como consecuencia, el proceso de análisis presenta dificultades durante la interacción aplicada al descubrimiento de similitudes y diferencias, así como al establecimiento de relaciones en los datos que generan conocimiento, en donde además se debe tener en consideración que el proceso de toma de decisiones con frecuencia se lleva a cabo mediante la colaboración entre dos o más personas. Es por esto que la analítica visual se puede beneficiar con el uso de los entornos de múltiples dispositivos (MDE por sus siglas en inglés) para superar los problemas de interacción en el análisis y visualización de datos y facilitar la realización de tareas de análisis de forma colaborativa mediante un ambiente de computación omnipresente (ubicuo) que conste de más de un dispositivo conectado, en los cuales la interacción abarca múltiples componentes de entrada/ salida y puede ser realizada por varios usuarios simultáneamente. El problema de investigación que este proyecto aborda consiste en diseñar y validar una metodología de analítica visual para facilitar el análisis colaborativo con un enfoque distribuido geográficamente y basado en el uso de múltiples dispositivos (MDE). La intención es apoyar a los usuarios que cuentan con conocimientos especializados para que puedan recolectar, visualizar, analizar y compartir datos e ideas en un ambiente colaborativo que les facilite la toma informada de decisiones.

**Palabras clave:** Analítica Visual, Visualización de Información, Ambientes de Múltiples Dispositivos, Técnicas de interacción, Ambientes colaborativos.

## **PROYECTO 60: Clasificación y comparación de imágenes biomoleculares y médicas**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Computación y Electrónica

**Sub área:** Computación y Ciencias de la Información

### **Escuelas participantes:**

Participante Computación

**Investigador Coordinador:** Dr. Juan Esquivel

Contacto: [jesquivel@tec.ac.cr](mailto: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 maduradas 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 61: Infraestructura de simulación computacional de plasma para diseño y verificación de dispositivos de confinamiento magnético de tipo Stellarator**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Computación y Electrónica

**Sub área:** Ingeniería Eléctrica, Electrónica

### **Escuelas participantes:**

Participante Ingeniería en Computación

Participante Física

**Investigador Coordinador:** Dr. Esteban Meneses

Contacto: [esmeneses@tec.ac.cr](mailto:esmeneses@tec.ac.cr)

### **Resumen**

La investigación en fusión nuclear tiene por objetivo explorar una nueva fuente de energía renovable, segura, limpia, respetuosa del medio ambiente, que utiliza el hidrógeno. Los dispositivos Tokamaks y Stellarators calientan el plasma y lo confinan magnéticamente, permitiendo iniciar procesos nucleares controlados entre los isótopos del hidrógeno llamados Deuterio y Tritio. Los estudios indican que con un gramo de hidrógeno en estos dispositivos se produciría 26000 kWh (Ongena J., 2016), convirtiendo esta tecnología en la mejor opción actualmente conocida para abastecer la demanda energética futura de la humanidad. El desarrollo de dispositivos de confinamiento magnético de plasma para fusión nuclear depende en gran medida de simulaciones computacionales que permitan modelar, verificar y visualizar el comportamiento del plasma y su respuesta ante fenómenos físicos. Como parte de sus investigaciones, el Laboratorio de Plasmas para Energía de Fusión y Aplicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica desarrolló y utilizó el código BS-SOLCTRA (Biot-Savart Solver for Compute and Trace Magnetic Fields) en el proceso de diseño y verificación de su dispositivo de confinamiento magnético de tipo Stellarator llamado SCR-1 (SolanoPiedra, Köhn et al., 2017). Sin embargo, en su estado actual, el simulador sólo permite monitorear una variable física de interés (superficies de flujo magnético) bajo una única configuración de bobinas modulares y no posee la capacidad de generar visualizaciones científicas que revelen detalles más complejos de la dinámica del plasma. Este proyecto busca suplir la necesidad de agregar complejidad a los modelos de simulación utilizados y generar visualizaciones científicas mediante una infraestructura que unifique el flujo de trabajo de los

investigadores. De esta forma, se mejorará mediante la computación avanzada el proceso de verificación y diseño de nuevos dispositivos de confinamiento magnético de tipo Stellarator en Costa Rica.

**Palabras clave:** Fusión nuclear, Stellarator, confinamiento magnético de plasma, visualizaciones científicas, simulación computacional, física computacional.

## **PROYECTO 62: Influencia de la estrategia de mercadeo en el Desempeño Exportador de las Pymes: Enfoque en Marketing Digital**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Administración

**Sub área:** Economía

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Administración de Empresas

Participante Administración de Tecnologías de Información

**Investigador Coordinador:** Dr. José Martínez

Contacto: [jomartinez@tec.ac.cr](mailto:jomartinez@tec.ac.cr)

### **Resumen**

Las PYMES en Costa Rica han mostrado en los últimos años un comportamiento inestable en su desempeño exportador. Este trabajo pretende identificar la influencia de la estrategia de mercadeo en el desempeño exportador de las PYMES, enfocado en el mercadeo digital. Se realizará mediante una dinámica mixta cualitativa y cuantitativa, en el primer caso se seleccionarán empresas de todos los sectores de interés, se usará los componentes integrados en los estudios de Cavusgil & Zou (1994) debido a que es un referente seminal de esta metodología en la literatura universal, con la información obtenida se procede a diseñar un modelo cuantitativo que interrelacione todos aquellos aspectos que influyen en la estrategia de mercadeo de las PYMES de exportación, considerando las capacidades del marketing al desarrollarse con herramientas y plataformas que requieren internet, la información de las exportaciones, las relaciones de redes de negocio y el desempeño exportador. También se utilizarán de referencia las escalas de los estudios de Saavedra, Rialp & Llonch (2013) y los trabajos presentados por Bianchi, & Mathews, (2016), asociados al marketing en internet. Se realizarán las validaciones de las escalas construidas con base en la literatura universal y mediante ecuaciones estructurales se busca correlacionar las variables utilizadas en el estudio para el cumplimiento del objetivo. Se espera entregar a PROCOMER, el Ministerio de Economía, Industria y Comercio y las empresas involucradas un modelo de gestión del marketing digital que haya demostrado ser efectivo para el desempeño exportador de las PYMES.

**Palabras clave:** Marketing Digital, Desempeño Exportador, PYMES.

## **PROYECTO 63: Análisis de la influencia de factores de riesgo sobre la disposición al endeudamiento por tarjetas de crédito**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Administración

**Sub área:** Economía

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Administración de Empresas

**Investigador Coordinador:** Dr. Gustavo Cubillo

Contacto: [gcubillo@tec.ac.cr](mailto:gcubillo@tec.ac.cr)

## **Resumen**

En Costa Rica, las tarjetas de crédito corresponden cerca de un 3,79% del PIB (MEIC, 2018). De esta manera, se encontró que la tasa anual equivalente para un crédito a 60 meses, puede alcanzar un valor de 167%, lo cual significa que el consumidor pudo haber comprado más del doble, con el dinero que pagó al final, incluyendo el financiamiento (Presidencia de la República, 2016). Asimismo, existe evidencia empírica que señala que es difícil estimar el costo final de un producto para el consumidor cuando se compra con tarjeta de crédito (Kahle & Sie. 2008). Pese a esto, no se conocen programas o iniciativas con bases científicas que contribuyan con los consumidores para mejorar sus decisiones de compra. A partir de lo anterior, desde el MEIC, surge la necesidad de contar con investigaciones acerca de cómo puede el consumidor planificar mejor sus compras y, por ende, incrementar sus posibilidades de ahorro. Todo esto, abre un espacio para el estudio de este fenómeno en Costa Rica en tanto surgen las siguientes inquietudes: a) ¿Existen diferencias a nivel del tipo y monto del consumo entre la realización de pagos en efectivo y tarjeta de crédito?; b) ¿Cuáles factores pertenecientes a un perfil de personalidad y actitudinal, se pueden asociar a un mayor consumo por medio del pago con tarjetas de crédito?; y c) ¿Cuáles incentivos se podrían utilizar en el mercado costarricense para promover el uso responsable de las tarjetas de crédito según el perfil a nivel de actitudes y rasgos de personalidad de los consumidores? El presente proyecto tiene el objetivo de analizar cómo influyen los factores de riesgo a nivel social y psicológico sobre la disposición al endeudamiento en el mercado de usuarios de tarjetas de crédito para proponer oportunidades de mejoras en cuanto a políticas públicas y privadas que contribuyan con la

salud financiera tanto de los usuarios, como de las entidades relacionadas, por medio de una investigación cuantitativa de tipo experimental.

**Palabras clave:** Personalidad, actitud, conocimiento financiero, endeudamiento crediticio.

## **PROYECTO 64: Ecología y silvicultura para bosques secundarios de Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales, Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Otras Ciencias Naturales, Agricultura, forestería y pesca

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Forestal

**Investigador Coordinador:** Ing. Braulio Vílchez Alvarado

Contacto: [bvilchez@tec.ac.cr](mailto:bvilchez@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Ante la publicación MINAE, 2016, del Decreto Ejecutivo N° 339952-MINAE que estableció: “el manejo forestal deberá mantener o mejorar, la condición del bosque secundario”, este proyecto plantea estudiar la ecología y silvicultura de los bosques secundarios costarricenses, porque no existe en el país experiencia de manejo forestal sostenible de estos bosques y se desconoce la respuesta al aprovechamiento forestal. Estos bosques se encuentran distribuidos en todo el territorio nacional, en condiciones de un paisaje fragmentado, con diferentes estadios de sucesión o avance y en distintas zonas bioclimáticas que hacen que las respuestas naturales en la composición de especies, tasas de crecimiento, altura, diámetro promedio difieran en las distintas regiones del país. Se ubicarán los bosques secundarios de distintas zonas del país y se determinará la fase desarrollo. Se seleccionarán los métodos silviculturales de cosecha, liberación, enriquecimiento y testigo para los estadios avanzados con posibilidad de extracción de madera para servir de emisores de la transferencia del conocimiento generado a los actores del sector forestal, a través de talleres a ONG's, MINAE, CATIE, empresas forestales, estudiantes, profesores.

**Palabras clave:** Bosque secundario, manejo sostenible, ecología, silvicultura, Costa Rica.

## **PROYECTO 65: Desarrollo de recursos genómicos en *Tectona grandis*. Fase II, Secuenciación del genoma y búsqueda de marcadores SNP's para su utilización en mejoramiento genético**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Forestal

**Sub área:** Otras Ciencias Naturales

### **Escuelas participantes:**

Participante Ingeniería Forestal

Participante Ciencias Naturales y Exactas

**Investigador Coordinador:** Olman Murillo

Contacto: [omurillo@tec.ac.cr](mailto:omurillo@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La teca (*Tectona grandis* L.f.) es una de las principales especies madereras del mundo; debido a su belleza, resistencia y durabilidad. En Costa Rica la madera de teca supera los precios tanto de especies nativas como de otras exóticas, por tanto, es una de las especies comúnmente utilizadas en programas de reforestación. Dada su importancia económica y amplia utilización, esta especie ha sido sujeto de selección controlada por diversos programas de mejoramiento genético, esto en aras de incrementar el rendimiento y calidad de la madera. Aunque el mejoramiento genético tradicional es exacto, también es lento y costoso. Nuevas tecnologías y herramientas de la biología molecular, como genómica y transcriptómica, podrían permitir la selección de germoplasma con rasgos de interés comercial de manera temprana y a un bajo costo. Aunque no es el único rasgo involucrado en la productividad, se sabe que la pérdida de dominancia apical tiene repercusiones económicas ya que afecta la forma del fuste y el volumen total de madera comercial. Por esa razón, el control apical ha sido considerado uno de los objetivos primordiales en mejoramiento de la especie. Incursionar en selección genómica para mejoramiento genético en teca, no solo representa un avance tecnológico significativo en el campo, sino que también asegura a los productores de madera de esta especie el acceso a material de alta calidad. Esta investigación permitirá a futuro dirigir esa información hacia la asociación de rasgos cada vez más complejos. Por tanto, en el programa de mejoramiento genético de teca desarrollado por la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se pretende con esta investigación desarrollar recursos genómicos para el mejoramiento genético en *T. grandis*, al generar una secuencia del genoma completo

de esta especie, identificar marcadores moleculares para su uso en selección genómica y analizar niveles de expresión génica relacionado con dominancia apical en diferentes genotipos de teca.

**Palabras clave:** Mejoramiento genético, marcadores genéticos, secuenciación, genómica y transcriptómica, teca.

## **PROYECTO 66: Desarrollo de un programa de mejoramiento genético contra enfermedades en teca (*Tectona grandis* L.) y melina (*Gmelina arborea* Roxb.). Fase II Selección y reproducción comercial de genotipos tolerantes**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Agronómicas

**Sub área:** Agricultura, forestería y pesca

### **Escuelas participantes:**

Participante Ingeniería Forestal

Participante Ciencias Naturales y Exactas

**Investigador Coordinador:** Olman Murillo

Contacto: [omurillo@tec.ac.cr](mailto:omurillo@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El sector productivo forestal se ha sumido en una profunda crisis en la última década. Cada año continúa la disminución de la tasa anual de reforestación y se registra un aumento de las importaciones de madera. Los sustitutos de la madera continúan ganando espacios en la construcción y mueblería en general, alejando cada vez más al país de sus metas de carbono neutro para el 2021. El recién formulado Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF 2011 -2020) plantea dentro de sus siete ejes estratégicos, Posicionamiento del Sector Forestal, Competitividad, Sostenibilidad e Innovación. De manera positiva, con la creación de la cooperativa de mejoramiento genético forestal (GENFORES) entre el TEC y un grupo de empresas reforestadoras, se logra contribuir en forma significativa en la competitividad de la reforestación. Sin embargo, los problemas de enfermedades en plantaciones de teca y melina, relacionados con los patógenos del suelo (*Fusarium*/*Nectria*, *Phytium*, *Rhizoctonia*, etc.), se agudizan año con año en el país. Análisis fitopatológicos preliminares han determinado la presencia de *Nectria* spp, sin embargo, no se reporta evidencia suficiente sobre su identificación. Se especula una posible relación con *N. nauritcola*, ya que especies de *Fusarium* son su estado imperfecto. El manejo integrado ideal de este tipo de problemas implica el abordaje desde la preparación del suelo, corrección de su acidez y nutrición, aplicación de biocontroladores y utilización de materiales genéticamente resistentes. Por tanto, se pretende en este proyecto contribuir con la prevención y manejo de la muerte descendente de la teca (*Tectona grandis*) y la pudrición del tronco de la melina, principalmente con la selección de genotipos tolerantes. Este proyecto involucra la confluencia del

campo de la patología y del mejoramiento genético. En una primera fase se aislarán e identificarán los patógenos asociados a estas enfermedades. También se incluye la caracterización morfológica, fisiológica y molecular de los patógenos. Posteriormente, se desarrollarán experimentos y establecerán protocolos de inoculación de los patógenos en colecciones clonales de árboles plus de teca y melina, pertenecientes a las empresas asociadas de GENFORES. Se espera con este paso encontrar genotipos resistentes o tolerantes a estos patógenos, que puedan servir de material base de mejoramiento a futuro hacia el desarrollo de líneas genéticas resistentes. Paralelo al trabajo de análisis y manejo patológico, ocurrirá el trabajo a nivel molecular, donde se pretende identificar alelos asociados a individuos altamente sensibles y/o tolerantes a los patógenos de interés. De modo que en un futuro cercano se pueda irrumpir en la denominada selección genómica con esta especie. El conocimiento que se generará en este proyecto permitirá que Costa Rica mantenga el liderazgo alcanzado en mejoramiento genético y manejo de plantaciones forestales de teca y melina en la región latinoamericana.

**Palabras clave:** Mejoramiento genético, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, resistencia genética, patología, marcadores genéticos.

## **PROYECTO 67: Restauración del bosque de Isla del Coco: Influencia de la microbiota en la sobrevivencia y salud de los árboles**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ambiente

**Sub área:** Medicina Veterinaria

### **Escuelas participantes:**

Participante Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Ing. Luis G. Acosta

Contacto: [lacosta@tec.ac.cr](mailto:lacosta@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Isla del Coco es la única isla oceánica en el Pacífico Oriental con clima tropical húmedo, de exuberantes bosques ricos en especies endémicas; bosques que están seriamente amenazados por la introducción de especies de flora y fauna. En la actualidad, para las especies nativas de Isla del Coco se desconoce su ecología y los efectos que las especies introducidas tienen sobre ellas. Hay vacíos de información sobre el microbioma de la rizosfera (porción de suelo circundante a las raíces), el cual se ha reportado que repercute sobre la salud de los árboles por sus múltiples funciones e interacciones con las plantas, en disponibilidad de nutrientes, generación de antibióticos, activación del sistema inmune, entre otros. Este proyecto se enfoca en la línea de ecología de microorganismos y restauración de bosques, evaluando el potencial de las especies nativas en plantación, además del efecto de la microbiota en la salud y sobrevivencia de *Sacoglottis holdridgei*, ambas como medidas de restauración del bosque nativo. Este proyecto, es guiado por los resultados obtenidos en su predecesor, “Influencia de la interacción planta microorganismo en la restauración del paisaje forestal de Isla del Coco”, con lo cual se da continuidad a las investigaciones realizadas, maximiza la inversión en infraestructura, afirma el liderazgo del ITCR en las investigaciones terrestres en Isla del Coco. Los resultados justifican y promueven la conservación y restauración del singular ecosistema de Isla del Coco, Patrimonio Natural de la Humanidad de UNESCO.

**Palabras clave:** Isla del Coco, microbioma, rizosfera, metagenoma, metabarcoding, especies nativas, salud.

## **PROYECTO 68: Mejoramiento de las condiciones de procesamiento primario, secado y usos estructurales de la madera de almendro (*Dipteryx panamensis*) y pilón (*Hieronyma alchorneoides*) de plantaciones forestales de Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Forestal

**Sub área:** Matemáticas e Informática

### **Escuelas participantes:**

Participante Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Dr. Roger Moya

Contacto: [rmoya@tec.ac.cr](mailto:rmoya@tec.ac.cr)

## **Resumen**

En todo el territorio costarricense se han plantado aproximadamente 20 diferentes especies de madera de forma comercial en plantaciones de rápido crecimiento. Estas especies se caracterizan por que la mayoría presentan una densidad menor a 0,5 g/cm<sup>3</sup>. No obstante, hay dos especies, almendro (*Dipteryx panamensis*) y pilón (*Hieronyma alchorneoides*), que presentan una densidad entre los 0,6 g/cm<sup>3</sup> a 0,7 g/cm<sup>3</sup>, lo que significa que poseen una alta resistencia mecánica y que podrían ser utilizadas en usos estructurales. Sin embargo, estas dos especies se caracterizan porque: (i) durante el aserrío las trozas liberan tensiones de crecimiento dando como resultado madera con torceduras y rajaduras, (ii) durante el proceso de secado la madera es propensa a producir pandeos y rajaduras y (iii) estas dos situaciones han provocado problemas para la comercialización y el establecimiento de un posible mercado para la madera proveniente de plantaciones de estas especies. Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo mejorar las condiciones de procesamiento primario y de secado, así como establecer los valores de resistencia estructural de vigas de madera aserrada y laminadas de almendro y pilón procedentes de plantaciones forestales de Costa Rica. Para el cumplimiento de estos objetivos se establece una propuesta metodológica de dos sistemas de aserrío, dos sistemas de secado y el desarrollo de dos posibles productos a comercializar de estas especies. Esta propuesta metodológica está basada en las experiencias de especies maderables con problemas similares en otras regiones del mundo. El desarrollo de este proyecto de investigación permitirá mejorar las condiciones de procesamiento y secado de estas dos especies maderables de

alta densidad para crear dos productos que permitan su incursión en el mercado nacional.

**Palabras clave:** Plantaciones forestales, madera tropical, maderas de alta densidad, reforestación.

## **PROYECTO 69: Conservación de la arquitectura caribeña costarricense a partir de la aplicación de técnicas de avanzada para el estudio de los agentes causantes de lesiones en las edificaciones**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ciencias Biológicas, Biotecnología Ambiental, Arquitectura

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Arquitectura y Urbanismo

**Investigador Coordinador:** Arq. Kenia García Baltodano

Contacto: [kgarcia@tec.ac.cr](mailto:kgarcia@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La arquitectura caribeña costarricense si bien es un tema abordado por distintas disciplinas por su vinculación directa con el territorio y la identidad cultural, no ha sido estudiada desde una perspectiva de la conservación y de los principales factores que provocan su deterioro. El biodeterioro de las edificaciones, principalmente las construidas con madera, es un proceso muy común en los climas tropicales, debido a las condiciones de alta humedad y temperatura. El presente proyecto generará conocimiento científico, tanto en la identificación como en el tratamiento de las lesiones y agentes que afectan a este tipo particular de arquitectura, con el fin de contribuir a su preservación. Para ello, mediante la patología de la construcción, se realizará el análisis de lesiones en las edificaciones y el uso de técnicas avanzadas para la identificación molecular que ayuden a determinar los agentes causantes de daños en un tipo de arquitectura con alto valor patrimonial. Será desarrollado por un equipo multidisciplinario de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo y la Escuela de Ingeniería Forestal del TEC, en conjunto con el Departamento de Ciencias Biológicas de la Western Illinois University (WIU) y el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural. Este trabajo representa uno de los primeros estudios en áreas tropicales, ya que la mayoría de las investigaciones en el área de la patología de la edificación se han llevado a cabo en países de clima templado. Al finalizar el proyecto, los principales productos serán un inventario de inmuebles de arquitectura caribeña existentes en la ciudad de Limón, un Sistema de Información Geográfico (SIG) y cartografía temática asociada al inventario y al monitoreo de datos ambientales, una base de datos en línea con las colecciones de microorganismos

e insectos identificados y una guía para el tratamiento de lesiones en edificaciones de arquitectura caribeña costarricense, además de al menos dos artículos científicos a publicarse en revistas indexadas. Estos productos servirán de insumo a los profesionales para la correcta toma de decisiones a la hora de establecer procesos de conservación, asimismo abre la posibilidad a futuro de extender el ámbito espacial de estudio y el alcance a nivel del tipo de edificaciones y lesiones analizadas.

**Palabras clave:** Patología de la construcción, biodeterioro, identificación molecular, patrimonio edificado, ecología microbiana, lesiones de las edificaciones

## **PROYECTO 70: Evaluación de causas de pérdida de alimento en cadenas de suministro alimentarias costarricenses con miras a una política pública sectorial para su reducción**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ingeniería y Tecnologías, Ciencias Agronómicas, Ciencias Sociales

**Sub área:** Otras Ingenierías y Tecnologías (Agroindustria), Agricultura, forestería y pesca, Economía y Negocios

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Agronegocios

**Investigador Coordinador:** Ing. Laura Brenes Peralta

Contacto: [labrenes@tec.ac.cr](mailto:labrenes@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El fenómeno de las pérdidas y desperdicio de alimento (PDA) representa un reto ante metas de mitigación del Cambio Climático, la Seguridad Alimentaria y Nutricional y los Sistemas Alimentarios Sostenibles, ya que se estima que en la región Latinoamericana y del Caribe se descarta cerca del 15% de sus alimentos disponibles, y a nivel global, en el 2007 las PDA equivalieron a la emisión de 3.3 G ton de CO<sub>2</sub> equivalente (FAO, 2013). A raíz de esto, tratar el tema es relevante en Costa Rica, pues además de compromisos para lograr la Carbono Neutralidad y la Seguridad Alimentaria y Nutricional, ya el sector agropecuario y agroindustrial manifiesta dificultades respecto a costos productivos, eficiencia en la producción, y manejo de sus residuos, siendo posible aportar a parte de las soluciones desde la comprensión de dichas pérdidas, sus cantidades y causas, y la propuesta de elementos que sumen a políticas públicas pertinentes y oportunas. Este proyecto tiene por objetivo evaluar las causas de pérdidas de alimento en cadenas de suministro agroindustriales costarricenses desde enfoques técnicos y de economía experimental que permitan la identificación de elementos para políticas sectoriales efectivas. Para su realización, se identificarán cadenas de suministro de alimentos y su funcionamiento, estudiando, al menos una. Se les realizarán evaluaciones de causas mediante adecuaciones a metodologías como la de 4S propuesta por la FAO y de ejercicios de economía experimental que permitan inferir sobre posibles soluciones. Se someterá a actores involucrados en la muestra de cadena de suministro por analizar a ejercicios de economía experimental y/o comportamental para determinar la posible adopción de acciones e innovaciones que propicien la solución a las PDA. El modelo econométrico y probabilístico

desarrollado por la Universidad de Bologna en proyectos como REFRESH será adaptado al caso costarricense, tras el interés de cooperación entre esa universidad y el TEC.

**Palabras clave:** Pérdida de alimento, cadena de suministro, política pública, economía experimental y comportamental.

## **PROYECTO 71: Caracterización del mercado actual de biomasa vegetal con fines energéticos procedentes de industrias agroindustriales y forestales de Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Administración

**Sub área:** Otras Ciencias Naturales

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Agronegocios

Participante Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Ing. Roel Campos

Contacto: [rocampos@tec.ac.cr](mailto:rocampos@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La inestabilidad de los precios de los combustibles fósiles en los mercados internacionales en conjunto a los cambios climáticos de la última década, que han generado variaciones en la estación lluviosa en el país, han producido cambios significativos en el precio de venta de la electricidad en Costa Rica, generando disminución de la competitividad de las empresas nacionales. La Secretaría de Planificación Subsectorial de Energía (DSE) ha desarrollado una planificación eléctrica nacional del 2015 al 2030 en la que resalta la necesidad de una diversificación del sistema eléctrico productivo, como medida de control de los costos de producción eléctrica. Entre las opciones energéticas que han tomado relevancia se encuentra la biomasa vegetal, ya que el país dispone de una gran fuente de biomasa de los residuos agroindustriales de caña de azúcar, cultivo de naranja, palma africana, piña, banano, entre otros y cultivos forestales, tanto en los residuos leñosos de las podas y raleos de las plantaciones como en cultivos dendroenergéticos. La implementación de biomasa como fuente de energía no solo generaría electricidad de bajo costo, sino que también incluiría el uso de residuos que generalmente son considerados como basura. Sin embargo, la planificación de un programa nacional de estímulo en uso de energía a partir de biomasa presenta limitaciones debido al rezago de información del estado actual del mercado de biomasa, el cual es de 12 años, desde el último estudio desarrollado por la DSE, por lo que en la actualidad no se tiene claro el perfil de oferentes y demandantes de biomasa, las regiones actuales y potenciales para desarrollo del mercado de biomasa y tampoco el estado base para definir las medias de desarrollo de políticas de estímulo. Esta investigación pretende

generar la información necesaria que permita no solo caracterizar oferentes y demandantes, sino que también georeferenciar la ubicación del mercado y proyectar escenarios de crecimiento o decrecimiento del mismo en el corto y mediano plazo y con ello desarrollar una serie de criterios y pautas de estímulo. La información que genere el proyecto es necesaria para que la DSE y distintos entes del gobierno desarrollen políticas de estímulo y apoyo al mercado bioenergético nacional.

**Palabras clave:** Biomasa vegetal, residuos agroindustriales, residuos forestales, oferta, demanda, energía.

## **PROYECTO 72: Modelación de producción, protección y evaluación económica de cultivos en sistemas agroforestales de cacao en Osa y Golfito**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Agrícolas y Agronómicas

**Sub área:** Otras Ciencias Naturales

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Agronegocios

Participante Ingeniería Forestal

Participante Escuela de Agronomía

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dr. Ricardo Salazar

Contacto: [risalazar@tec.ac.cr](mailto:risalazar@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Actualmente, más del 60% del aceite de palma (*Elaeis guineensis*) que se produce en Costa Rica proviene de los cantones de Osa y Golfito, sin embargo, el monocultivo de palma acarrea una serie de problemas económicos, sociales y ambientales. Una alternativa para diversificar y optimizar la producción del sistema, respetando el principio de sostenibilidad son los sistemas agroforestales. Sin embargo, es necesario evaluar y comprender qué tan diversificados deben ser estos sistemas para potencializar su productividad y rentabilidad. El objetivo de esta investigación es, evaluar el potencial productivo y económico de los sistemas agroforestales de cacao-palma en los cantones de Osa y Golfito, para la exploración de escenarios de producción sostenibles, con el fin de justificar su propagación, de acuerdo al potencial productivo y económico de los sistemas agroforestales en estudio. La investigación implica la vinculación internacional con investigadores del CIRAD Centro de Investigación en Agronomía en Francia, y del Instituto Woods para el Ambiente de la Universidad de Stanford de Estados Unidos, con la participación de un equipo interdisciplinario del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados de esta investigación, permitirán generar conocimiento, que se transferirá a los productores y productoras en las comunidades y en la plataforma científica PITTA-Cacao. (Programa de Investigación y Transferencia Tecnológica del Ministerio de Agricultura y Ganadería).

**Palabras clave:** Diversificación, sistemas agroforestales, productividad, rentabilidad, sostenibilidad.

## **PROYECTO 73: PROE: Implementación de un prototipo de enjambre de robots para la digitalización de escenarios estáticos y planificación de rutas óptimas**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ingeniería y Tecnología

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

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Matemáticas

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Cindy Calderón Arce

Contacto: [ccalderon@tec.ac.cr](mailto:ccalderon@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La planificación de rutas óptimas, eficientes y seguras contribuye a una rápida y mejor evacuación en escenarios estáticos, con obstáculos y zonas de peligro fijas pero con ubicación desconocida, como edificios, centros urbanísticos, bosques, entre otros. En ese sentido, este proyecto pretende simular agentes que representan enjambres de robots para la examinación previa de escenarios estáticos y desconocidos. Así, mediante un proceso de exploración, el enjambre simulado rastreará el espacio recolectando información sobre el entorno en que se encuentran, para la posterior determinación de rutas óptimas, de evacuación y/o acceso, por medio de optimización multiobjetivo. La idea central del proyecto iniciará con el desarrollo de un algoritmo cooperativo centralizado que permita explorar de manera eficaz el entorno en el que se encuentran, por medio de un enjambre simulado de agentes. De manera simultánea, se implementará un algoritmo para el procesamiento y análisis de la información recolectada, con el fin de lograr construir un mapa de la zona. Finalmente, se creará un algoritmo de optimización multiobjetivo para la determinación de rutas óptimas, de evacuación y/o acceso, utilizando superficies de pseudorespuesta y/o enjambre de partículas para disminuir el costo y el tiempo computacional de dicha optimización. Este proyecto representa la primera etapa de una secuencia de proyectos de investigación a largo plazo, cuyo objetivo final es la implementación física de un enjambre de robots en ambientes dinámicos, combinando técnicas de exploración tanto terrestres como aéreas y desarrollando algoritmos para encontrar rutas seguras y eficientes en terrenos estáticos y dinámicos afectados por terremotos, inundaciones, incendios, derrumbes y otros desastres. Se anexa hoja de ruta.

**Palabras clave:** Enjambres, algoritmos cooperativos, algoritmos centralizados, optimización multiobjetivo, simulación.

## **PROYECTO 74: FroSigPro: Un marco matemático-computacional para la solución de problemas de optimización aplicado a procesamiento de señales utilizando la norma de Frobenius**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Computación y Electrónica

**Sub área:** Matemáticas e Informática

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Matemática

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Juan Pablo Soto

Contacto: [jusoto@tec.ac.cr](mailto:jusoto@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El presente proyecto propone y justifica el desarrollo de un marco matemático-computacional basado en la norma de Frobenius, el cual envuelve un conjunto de problemas de optimización en el área de procesamiento de señales. En este proyecto se define el concepto de marco computacional matemático como un conjunto formado por una formulación matemática de un algoritmo y su implementación en algún lenguaje de programación. Mostraremos que las técnicas actuales más relevantes para el procesamiento de información que involucra la norma de Frobenius corresponden a un caso particular de una nueva formulación matemática. Esta nueva formulación matemática permitirá incrementar la precisión de los métodos conocidos en la literatura, además de mejorar el rendimiento de los algoritmos asociados a cada método. Adicionalmente, se desarrollará una librería de toolbox con la implementación de cada algoritmo a través de alguno de los softwares de cálculo numérico más relevantes en la investigación científica. Esta librería de toolbox permitirá el acceso eficiente (en términos de tiempo computacional y uso de memoria) de cada uno de los algoritmos.

**Palabras clave:** Norma de Frobenius, Problemas de optimización, Procesamiento de señales e imágenes.

## **PROYECTO 75: Simulación de plasma y diseño de sistemas para operación y diagnóstico en el Tokamak Esférico MEDUSA-CR**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Física

**Sub área:** Ciencias y Física

### **Escuelas participantes:**

Participante Física

Participante Mecatrónica

**Investigador Coordinador:** Dr. Iván Vargas

Contacto: [ivargas@tec.ac.cr](mailto:ivargas@tec.ac.cr)

### **Resumen**

Este proyecto busca simular escenarios de confinamiento y calentamiento del plasma (ECRH y RF-Alfvén) que aumenten el parámetro beta en un tokamak esférico de baja razón de aspecto como MEDUSA-CR. Así como diseño de sistemas para operación y diagnóstico en este dispositivo. En este proyecto proponemos un experimento único como prueba de principio utilizando antenas RF para inducir ondas de Alfvén en un Tokamak esférico. Las simulaciones de las interacciones del plasma con las ondas electromagnéticas RF y ECRH permiten explorar en este dispositivo escenarios de calentamiento optimizado que también son del interés de la comunidad científica debido a que la alta temperatura es un requisito indispensable para procesos de fusión. Por último, el diseño de sistemas como el calentamiento del plasma ECRH, el control rápido y los diagnósticos magnéticos permitirán preparar el camino para la explotación experimental de MEDUSA-CR en el TEC, ampliando de esta manera el aporte científico de este dispositivo a la comunidad científica internacional de fusión.

**Palabras clave:** Tokamak esférico, simulación de equilibrio, confinamiento magnético de plasmas

## **PROYECTO 76: Valoración de las propiedades magnéticas en bioindicadores y polvo urbano, como método alternativo para monitorear la contaminación atmosférica en zonas de flujo vehicular**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2017 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** Dr. Guillermo Calvo

Contacto: [gcalvo@tec.ac.cr](mailto:gcalvo@tec.ac.cr)

## **Resumen**

: La contaminación atmosférica es uno de los problemas ambientales más serios a nivel mundial debido a sus efectos adversos en la salud pública, los ecosistemas y el desarrollo socio económico. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la exposición a niveles elevados de contaminación del aire produce la muerte de 7 millones de personas por año. En Costa Rica, la mayoría de las emisiones contaminantes se deben a la flota vehicular, la cual crece exponencialmente. Las emisiones de los motores generan partículas finas en el aire que representan un alto riesgo para la salud, como lo son las enfermedades cardiovasculares y respiratorias. También, se emiten metales pesados (MPs), algunos de los cuales son altamente tóxicos. Los niveles de partículas registrados en algunas áreas del Gran Área Metropolitana (GAM), superan las normas anuales establecidas por la OMS y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Asociado a estas emisiones vehiculares provenientes del desgaste del motor, se producen partículas de magnetita emitidas por los vehículos, a partir de las impurezas de hierro del combustible y el proceso de la combustión. Esta característica posibilita la medición de propiedades magnéticas, las cuales se pueden utilizar como mecanismos rápidos alternos y de bajo costo para el monitoreo de la contaminación del aire. Recientes estudios preliminares muestran que las técnicas magnéticas han mostrado ser una alternativa de bajo costo para medir en forma indirecta el contenido de partículas PM10, PM2,5 y contenido de MPs; depositados en el suelo, polvo urbano y aire; además de poder diferenciar entre los que son de origen antropogénico como los de tipo geológico. Por otra parte, el empleo de bioindicadores ha resultado eficaz como muestreadores pasivos para evaluar

la calidad del aire, siendo también un método de bajo costo. El objetivo es generar una metodología novedosa fundamentada en las propiedades magnéticas en bioindicadores y polvo urbano, como método alternativo para monitorear la contaminación atmosférica en zonas de flujo vehicular. A partir de la recolección de muestras de bioindicadores se determinarán estadísticamente las posibles correlaciones entre los tipos de partículas en suspensión y MPs contenidos en el aire, en función de los datos obtenidos con los bioindicadores y el polvo urbano. Finalmente, se establecerá la metodología adecuada para evaluar la contaminación atmosférica analizando el polvo urbano y bioindicadores por medio de la medición de las propiedades magnéticas.

**Palabras clave:** Propiedades magnética, bioindicadores, metales pesados, contaminación atmosférica, flujo vehicular

## **PROYECTO 77: Elaboración de un modelo para predecir la vulnerabilidad de metales pesados en agua y sedimentos en distintas regiones del país**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2017 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** Dr. Guillermo Calvo

Contacto: [gcalvo@tec.ac.cr](mailto:gcalvo@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Ciertas actividades urbanas, industriales y agrícolas generan gran cantidad de residuos no tratados que son vertidos a los ríos, contaminando este valioso recurso. Los metales pesados (MPs) son un grupo de contaminantes que producen serios problemas a la salud pues poseen efectos tóxicos duraderos, tienen baja biodegradabilidad y se acumulan en ríos y sus sedimentos, suelo, flora y fauna. Los MPs son incorporados y acumulados en la flora y fauna, que forman parte de la cadena alimentaria, incrementando su peligrosidad para el ser humano. En Costa Rica se han reportado niveles altos de varios metales pesados en distintas zonas del país. Estudios efectuados en el pasado sobre contaminación de MPs en agua, sedimentos y en suelos con uso agrícola, han sido escasos; además, no existe ningún estudio que corrobore la relación entre la calidad de las aguas o sus sedimentos con respecto al efecto que tiene el uso del suelo. El uso del suelo es la variable que más contribuye a la contaminación de los suelos por MPs, por lo que es esperable que los ríos sean afectados también a través de contaminación difusa. El objetivo del proyecto es generar un modelo para predecir la vulnerabilidad de MPs en el agua o sus sedimentos con relación al uso del suelo en distintas regiones del país. Se elaborarán mapas de vulnerabilidad a metales pesados, tanto en agua como en sedimentos de todo el país. La validación de esta metodología es una fase importante que se debe llevar a cabo posteriormente, pero no formará parte de este proyecto de investigación. El desarrollo de un modelo predictivo que permita predecir la calidad de ríos o sus sedimentos a metales pesados en función del uso del suelo, se convertirá en una herramienta que permita a instituciones nacionales e incluso internacionales, canalizar el uso de recursos para monitoreos y

programas de gestión ambiental, en forma eficiente en regiones que presentan una mayor vulnerabilidad. La Dirección de Aguas del MINAE ha indicado la importancia que representa para ellos esta herramienta por lo que participarán económicamente en el proyecto con fondos vía FUNDATEC ya aprobados y en ejecución en un proyecto paralelo.

**Palabras clave:** Metales pesados, cuencas, Plan Nacional de Monitoreo, Índice de calidad de agua.

## **PROYECTO 78: Validación en campo de MOLABS, sistema para análisis espectroscópico remoto**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2019

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** Licda. Laura Hernández

Contacto: [lahernandez@tec.ac.cr](mailto:lahernandez@tec.ac.cr)

## **Resumen**

En un primer proyecto apoyado por la Vicerrectoría de Investigación-TEC (2014-2015), el equipo de investigación desarrolló y validó, en laboratorio, el componente analítico de un sistema de detección espectroscópica aplicado a la detección de nitratos por absorción directa de radiación UV (Hernández y Coy, 2015). Un producto de este proyecto se encuentra en proceso de protección de la propiedad intelectual. En un segundo proyecto (2016-2017), se incorporó el tratamiento de datos del sistema, mediante el diseño de un software con aplicación al estudio de la relación de nitratos y materia orgánica en aguas tropicales. En sistemas para monitoreo en línea de aguas, además se requiere la automatización del componente de muestreo y el desarrollo de la unidad de adquisición y procesamiento de los datos, para su acceso y manejo instrumental en forma remota, y, por último, se debe ejecutar la validación del sistema en forma integral. En este proyecto se pretende continuar el proceso de innovación iniciado en el año 2014, completando los componentes necesarios para el sistema de análisis espectroscópico optimizados para el funcionamiento en campo, así como la validación del sistema integrado, en adelante denominado, MOLABS. Se propone como sitio para las pruebas instrumentales colocar el sistema MOLABS en un embalse del negocio de generación ICE, el embalse hidroeléctrico del río Pirrís. Este río tiene un área de influencia de 440Km<sup>2</sup>, desde los Santos hasta Parrita, y abarca dos provincias y siete cantones (ICE, 2011). El monitoreo continuo de la calidad de agua en embalses es indispensable para el establecimiento de líneas base, variaciones, determinación de fuentes de contaminación y prevención de impactos. Se pretende validar

el sistema espectroscópico MOLABS con aplicación del análisis de nitratos en forma continua. Se espera obtener con la ejecución de este proyecto un producto de innovación patentable.

**Palabras clave:** Monitoreo en línea, eutrofización, nitratos, evaluación impacto ambiental, desarrollo instrumental.

## **PROYECTO 79: Establecimiento de los indicadores del riesgo de saneamiento ambiental sostenible (IRSAS) en el sector de servicios públicos de agua potable y saneamiento en zonas rurales de Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología

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

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** Dra. Silvia Soto

Contacto: [ssoto@tec.ac.cr](mailto:ssoto@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Es necesario organizar la información asociada al saneamiento y distribución de agua potable, para poder diseñar indicadores de riesgo, con el fin de prepararnos ante el eventual impacto asociado por el cambio climático. Este proyecto pretende desarrollar una herramienta para definir estos indicadores de riesgo considerando la sostenibilidad ecológica y social, de forma que se garantice la distribución de agua a futuro, pero también para que las actuales generaciones puedan utilizarla en sus actividades económicas y de sobrevivencia. El enfoque metodológico de esta investigación incluye la participación de expertos en agua potable, agua residual, residuos sólidos, computación y manejo de datos, involucra la participación de tres escuelas del TEC, académicos de la universidad de Cantabria en España, personal de Acueductos y Alcantarillados (AyA), del Ministerio de Salud y apoyo de la contraloría general de la república. Finalmente, se construirá la base de datos para que las ASADAs incorporen los datos para la construcción de todos los indicadores nacionales. El principal producto de este proyecto será el manejo en línea de la situación actual de los acueductos rurales, bajo un enfoque de sostenibilidad para la toma de decisiones oportuna ante el cambio climático.

**Palabras clave:** Indicadores ambientales, saneamiento sostenible, zonas rurales, servicio agua potable, riesgo.

## **PROYECTO 80: Lixiviación de contaminantes en suelos agrícolas y urbanos en la zona de protección de la naciente la Misión, Tierra Blanca de Cartago**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Naturales

**Sub área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** Dr. Federico Masís

Contacto: [fmasis@tec.ac.cr](mailto:fmasis@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo, están interrelacionados y gobiernan el transporte y destino de químicos tales como fertilizantes, agroquímicos y micro contaminantes orgánicos. Optimizar el uso de fertilizantes nitrogenados generando alertas tempranas por medio del monitoreo de nitratos a 1 metro de profundidad utilizando lisímetros de succión en suelos agrícolas o comprender el proceso de adsorción/desorción de micro contaminantes orgánicos en suelos urbanos es primordial para garantizar la protección de las aguas subterráneas. Se estima que en Costa Rica la mayoría del agua para consumo humano proviene de los acuíferos. El suelo tiene capacidad de filtrar y biorremediar el agua de contaminantes, su capacidad está limitada por condiciones meteorológicas como la precipitación y la evaporación. De conformidad con propiedades físicas del suelo, como la porosidad, conectividad y el contenido de agua, que pueden proveer información sobre la dirección y magnitud del transporte convectivo de los químicos. A medida que los solutos se mueven en el suelo, su concentración cambia como resultado de la dispersión, determinada por las propiedades fisicoquímicas del químico y la superficie activa de partículas, la estructura de los poros del suelo, el contenido de agua y la velocidad del agua. Los químicos también pueden retenerse en el suelo mediante procesos de adsorción. La persistencia del químico depende de la tasa de degradación sujeta a procesos de hidrólisis o biodegradación. En el mundo, el manejo de los fertilizantes nitrogenados ha sido controversial, dada la alta movilidad del nitrato en el suelo y a la discusión sobre posibles implicaciones en la salud. Cuando la concentración del agua subterránea excede 50 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; por norma los acueductos

clausuran las fuentes de agua, lo cual tiene implicaciones sociopolíticas que conducen al desabastecimiento de agua. Esto ocurre en Costa Rica, así como en el exterior. Por su parte los micro contaminantes orgánicos, derivados del uso de fármacos han sido menos estudiados. Por lo anterior, el presente proyecto tiene el objetivo de describir el proceso de transporte y destino de nitratos y micro contaminantes orgánicos en la zona vadosa de un suelo agrícola y un suelo urbano en La Misión, Tierra Blanca de Cartago. Este estudio es financiado por CONICIT y servirá para el establecimiento de campos para el monitoreo permanente de la lixiviación de contaminantes en varios suelos de Costa Rica.

**Palabras clave:** Nitratos, micro contaminantes orgánicos, drenaje séptico, suelo agrícola, fertilizante, suelo urbano, lixiviación, curva de avance

## **PROYECTO 81: Análisis de flujos metabólicos compartimentalizados en microalgas autóctonas de Costa Rica**

### **Resumen**

Las microalgas cuentan con un gran potencial para ser utilizadas como fábricas biológicas por su crecimiento en altas densidades y bajo requerimiento de nutrientes, al tener la posibilidad de ser cultivadas bajo condiciones fotoautotróficas. Bioprocesos que utilizan microalgas son capaces de generar desde biocombustibles, suplementos alimenticios, hasta biofarmacéuticos de alto valor agregado. El análisis de rutas metabólicas es una herramienta clave para la caracterización de cepas en sus potenciales de producción. En este proyecto se estudiarán cultivos de cepas de microalgas disponibles en el Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) las cuales serán caracterizadas para evaluar sus potenciales productivos de acuerdo al diagrama de flujos metabólicos específicos, en especial especies productoras de aceites como *Chlorella vulgaris* e *Isochrysis galbana*.

**Palabras clave:** Microalgas, Análisis de flujos metabólicos, *Chlorella vulgaris*, *Isochrysis galbana*, aceite.

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2017 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Biotecnología Ambiental

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** B.Q. Andrés Sánchez Kopper

Contacto: [asanchez@tec.ac.cr](mailto:asanchez@tec.ac.cr)

## **PROYECTO 82: La integración del turismo indígena y la dinámica agrícola: sus posibles impactos sobre los medios de subsistencia en Talamanca**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 30 de junio del 2021

**Área:** Ciencias Sociales

**Sub área:** Otras Ciencias Sociales

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** M.Sc. David Arias

Contacto: [david.arias@tec.ac.cr](mailto:david.arias@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El Territorio Indígena de Talamanca es considerado un sitio de resguardo para recursos naturales y culturas aborígenes. Hoy el turismo se está convirtiendo en una actividad económica importante en Talamanca, al igual que otros productos agrícolas como el banano y el cacao. Ambas actividades producen impactos sobre el medio ambiente y sobre la cultura bribri, trayendo transformaciones que pueden ser clasificadas como positivas o adversas dependiendo las interacciones que se producen entre el turismo, el medio ambiente y la cultura de las comunidades. Esta investigación tiene como objetivo en marco de un estudio doctoral analizar las relaciones socio-ecosistémicas en un contexto de desarrollo turístico en un territorio indígena. Elementos como el turismo ecológico y cultural, la agricultura tradicional, el monocultivo y los modos de subsistencia se integrarán desde una perspectiva holística, que denominamos “Ecosistema-Turístico”. Con este proyecto se propone lo siguiente: a) caracterizar el modelo de turismo indígena desde una reconstrucción histórica con actores turísticos de la región de Talamanca para comprender las interacciones entre turismo, agricultura y los modos de subsistencia, integrando elementos de la cosmovisión bribri; b) desarrollar indicadores de turismo sostenible para la definición de modelo de turismo indígena en Talamanca y c) diseñar modelos de simulación para proyectar posibles escenarios basados en el conocimiento local de las interacciones socio-ecológicas.

**Palabras clave:** Modelación participativa, escenarios, turismo sostenible, turismo indígena, ambiente, bribris.

## **PROYECTO 83: Desarrollo de un sistema de estudios in-vitro adaptable en equipo de pruebas dinámicas, con miras a generar estímulos biomecánicos sobre cultivos celulares**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2017 al 30 de diciembre del 2020

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ingeniería Médica

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Materiales

**Investigador Coordinador:** Teodolito Guillén Girón

Contacto: [tguillen@tec.ac.cr](mailto:tguillen@tec.ac.cr)

## **Resumen**

En este proyecto se pretende desarrollar un sistema de estudios in-vitro que permita aplicar estímulos mecánicos sobre matrices poliméricas inoculados con células osteogénicas o musculares. El sistema permitiría desarrollar un implante biomimético, es decir, que simule las condiciones fisiológicas de su ambiente in-vivo. El sistema contendrá una serie de componentes como sensores de temperatura y CO<sub>2</sub>, distribuidor de medios de cultivo, calentadores, adaptadores a máquina de pruebas dinámicas, entre otros. Sin embargo, la sección más importante del sistema será un dispositivo o cámara ambiental. Este dispositivo facilitará la inserción de matrices o estructuras porosas donde se inocularan las células. El establecimiento de las condiciones necesarias de las matrices para inocular las células se harán utilizando líneas celulares tanto de músculo esquelético como osteogénicas, esto con el fin de no utilizar animales para cultivo primario innecesariamente. De la misma manera se evaluará la proliferación y migración celular en la matriz de forma visual, con el fin de establecer, cuál es el protocolo que favorecería más el crecimiento de las células. Con este proyecto se pretende ofrecer una opción especializada que permita realizar estudios en biología celular e ingeniería de tejidos. Esto para poder simular en un sistema el procedimiento in-vitro lo más preciso posible condiciones in-vivo para la inoculación, proliferación y diferenciación celular aplicando estímulos mecánicos. Se contará con la participación de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Escuela de Biología, Escuela de Física y la cooperación de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales de la Queen Mary University of London.

**Palabras clave:** Estímulos biomecánicos, matrices porosas.  
MTS Bionix, cultivo celular.

## **PROYECTO 84: Producción de aleaciones de titanio nano-estructuras por deformación plástica severa con recubrimientos biofuncionalizados para su aplicación en dispositivos médicos**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 30 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ingeniería de los Materiales

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Materiales

**Investigador Coordinador:** Dr. Jorge Cubero

Contacto: [jcubero@tec.ac.cr](mailto:jcubero@tec.ac.cr)

## **Resumen**

En este proyecto se plantea una estrategia novedosa en la que se va a combinar la Deformación Plástica Severa (SPD, por sus siglas en inglés) de aleaciones biomédicas de titanio, con diversos recubrimientos compuestos por materiales cerámicos y biopolímeros; y posteriormente se estudiarán propiedades de biocompatibilidad de los mismos, en cultivos in vitro. El proyecto es una continuación del proyecto VIE “Desarrollo de una nanoaleación de titanio-aluminio-niobio para aplicaciones biomédicas”, para el que una etapa posterior en su hoja de ruta corresponde a la búsqueda de encadenamientos con otros grupos de investigación para combinar este material con otras tecnologías, tales como modificación de superficies o uso de recubrimientos, así como extender la metodología propuesta a otras aleaciones biomédicas. La producción de nanoestructuras por medio de SPD, proporciona mejoras sustanciales en las propiedades mecánicas de los materiales metálicos biomédicos como el titanio, así como en la tasa de adhesión de tejidos y la respuesta biológica, con lo que se ha demostrado una mejora en su comportamiento para la aplicación en dispositivos médicos. Estas mejoras permiten la eliminación de elementos tóxicos utilizados actualmente en aleaciones comerciales para alcanzar el desempeño mecánico requerido (como el vanadio), por lo que la nanoestructuración permite la sustitución por elementos vitales como hierro y niobio. Adicionalmente, se ha comprobado que al modificar la superficie inerte del metal con la deposición de recubrimientos que incorporan elementos osteo-conductores y osteo-generadores se mejora la integración con los tejidos; y que el uso de biomoléculas como factores de crecimiento, antibióticos, analgésicos, entre otros, ha abierto una nueva gama de posibilidades generando

recubrimientos que emulan señales y estructuras similares a las del cuerpo. De esta manera, este proyecto pretende producir aleaciones de titanio nanoestructuradas con distinta composición química, sustituyendo elementos de aleación nocivos para el cuerpo humano, y con recubrimientos biofuncionalizados para su posible aplicación en la industria biomédica. Estas actividades se realizarán por investigadores del Centro de Investigación y Extensión en Materiales (CIEMTEC), con el apoyo de los colaboradores externos. Los ensayos in vitro se realizarán con la colaboración del Centro de Investigación en Biotecnología.

**Palabras clave:** Nanomaterial, biomaterial, proliferación.

## **PROYECTO 85: Investigación de vías de señalización neuronal corriente debajo de neuregulina-2**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Médicas y de la Salud

**Sub área:** Biotecnología de la Salud

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dr. María Clara Soto

Contacto: [masoto@tec.ac.cr](mailto:masoto@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Las neuregulinas (NRG) son una familia de factores de crecimiento tipo factores de crecimiento epidérmicos (EGF), que actúan como ligandos para receptores transmembrana tirosin quinasa de la familia ErbB. NRG1, la NRG paradigmática y mejor estudiada, se ha involucrado en una variedad de funciones de regulación en sinapsis del sistema nervioso central (SNC) en condiciones normales y de enfermedad, incluyendo la esquizofrenia. Aunque expresada en niveles más altos en etapas postnatales y cerebro adulto, se sabe mucho menos acerca de las funciones de control sináptico de NRG2. Ésta también se une y activa ErbB4, el principal receptor neuronal para NRG en el cerebro. Por lo tanto, NRG2 puede servir como un regulador adicional de sinapsis del SNC, pero no se han estudiado en detalle los mecanismos de señalización corriente abajo de la activación de ErbB4 mediada por NRG2. Además, la interacción de NRG1 con variantes génicas en NRG2 puede resultar en una mayor susceptibilidad a la esquizofrenia. Sin embargo, no está claro cómo variantes genéticas en NRG1, NRG2 y ErbB4 contribuyen a la enfermedad. En este proyecto se propone investigar las funciones de señalización de NRG2 en líneas celulares de neuroblastoma derivadas de cerebro de ratón (N1E) y en cultivos primarios de neuronas de hipocampo preparados a partir de ratones silvestres. Inicialmente, para obtener un marco conceptual, el porcentaje de neuronas glutamatérgicas y GABAérgicas y los niveles de expresión de NRG1, NRG2, y ErbB4 en cultivos primarios, se determinarán por inmunotinción fluorescente y PCR cuantitativo en tiempo real, respectivamente. En un estudio preliminar, el tratamiento con rNRG2 aumentó la fosforilación de ErbB4 en neuronas de

hipocampo, lo que demuestra la funcionalidad de rNRG2. En un enfoque paralelo, se emplearán plásmidos y constructos basados en adenovirus para expresar en cultivos neuronales, la proteína completa de NRG2 marcada con epitopo. Por último, sobre la base de los hallazgos preliminares en el contexto de la señalización de NRG1, se investigará el reclutamiento de las vías de quinasas MAPK, PI3K y LIMK 1/cofilin por Western Blot e inmunocitoquímica. Estos estudios en cultivos celulares se complementarán con estudios in vivo (en futuro proyecto) usando una línea de ratones transgénicos para NRG2, que está siendo generada en el MPI de Medicina Experimental, Göttingen. En resumen, estos estudios iniciales ofrecen la oportunidad de establecer herramientas moleculares apropiadas y modelos de cultivo celular para investigar vías de señalización de NRG2-ErbB4 en neuronas del SNC, con relevancia para el desarrollo de mejores estrategias de tratamiento de enfermedades neuropsiquiátricas.

**Palabras clave:** Señalización NRG2-ErbB4, neuron de hipocampo, LTP

## **PROYECTO 86: Perfilado y validación de la fisiopatología molecular corriente debajo de la hiper-estimulación de NRG1-ErbB4**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias Médicas y de la Salud

**Sub área:** Biotecnología de la Salud

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dr. María Clara Soto

Contacto: [masoto@tec.ac.cr](mailto:masoto@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La esquizofrenia es considerada un trastorno de la sinapsis, donde déficits sinápticos causan “desconectividad” de la red cortical. La formación y función de redes corticales en cerebro adulto dependen de señales moleculares que llevan información entre células neuronales. Neuregulina (NRG) 1 es un ligando perteneciente al grupo de moléculas similares a factores de crecimiento epidérmico (EGF-like), que interactúa con receptores transmembrana tirosin quinasa ErbB4, involucrados en regulación de funciones sinápticas en cerebro. Variantes de los genes humanos NRG1 y ErbB4 son consideradas factores de riesgo genético para la esquizofrenia. Análisis de cerebros postmortem han revelado un aumento en la expresión de NRG1 y una mayor activación de ErbB4 en pacientes con esquizofrenia. La hiperestimulación crónica de NRG1-ErbB4 podría ser un componente de la patología de la dicha enfermedad. Sin embargo, los mecanismos moleculares asociados no se han estudiado detalladamente. Los modelos genéticos en ratón, son una herramienta muy valiosa para investigar in vivo el impacto de alteraciones moleculares en procesos cerebrales. Para examinar las (dis)funciones de la red cortical, en respuesta a la hiperestimulación de la señalización de NRG1-ErbB4, hemos generado varios modelos de ratones transgénicos, que presentan hiperfosforilación crónica de ErbB4 en corteza cerebral e hipocampo. El aumento en la activación de ErbB4 en ratones transgénicos se ha asociado con cambios a nivel molecular, sináptico y conductual, por ejemplo, aumento en la fosforilación de Akt/proteína quinasa B, reducción en la plasticidad sináptica y en la oscilación gamma, además de alteraciones en la supresión sensorimotora y la memoria de trabajo. El objetivo del proyecto es identificar y

validar en cerebros de ratones transgénicos con hiperestimulación de NRG1-ErbB4, candidatos moleculares corriente abajo de esta vía de señalización, que pueden estar asociados a “endofenotipos” relevantes para la esquizofrenia. Basados en los resultados de estudios bioquímicos realizados, se sugiere perfilar sistemáticamente el estado de fosforilación de tirosina y serina/treonina de una serie de blancos moleculares corriente debajo de la cascada de señalización de ErbB en ratones transgénicos para NRG1. A partir de éste ensayo se seleccionará un subconjunto de candidatos para validarlos bioquímicamente en lisados de proteínas de extractos totales y sinaptosomas de hipocampo de ratones transgénicos. Utilizando un enfoque in vitro complementario, dichos blancos serán validados también bioquímicamente en cultivos de neuronas primarias de hipocampo de ratón. En un primer intento de desarrollar nuevas estrategias de tratamiento, esta validación se combinará con tratamiento farmacológico de los receptores de ErbB4 hiperactivados, utilizando nuevos inhibidores de la señalización de ErbB4, tales como la espirolactona. En conclusión, la identificación de mecanismos patológicos moleculares corriente debajo de la hiperestimulación de NRG1-ErbB4 in vivo, contribuirá a tener una mejor comprensión de la etiopatofisiología de trastornos neuropsiquiátricos y podría contribuir al desarrollo de estrategias de tratamiento más potentes y selectivos.

**Palabras clave:** Señalización NRG1-ErbB4, hipocampo, ratones transgénicos, esquizofrenia.

## **PROYECTO 87: Tratamiento y validación pre-clínica de tejido óseo para uso terapéutico**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Médicas y de la Salud

**Sub área:** Ciencias de la Salud

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dra. Carolina Centeno

Contacto: [cccenteno@tec.ac.cr](mailto:ccenteno@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Después de la sangre, el hueso constituye el tejido más utilizado en cirugía reconstructiva del aparato musculoesquelético, su obtención y uso en injertos tisulares como opción terapéutica ha ido en aumento en los últimos años, ya que induce una mejora significativa en los procesos de sanación y recuperación de los pacientes sometidos a estos procedimientos. La obtención y almacenamiento de tejido cadavérico para trasplante permitiría que por cada donante se extraiga la mayor cantidad de piezas distintas que pueden ser utilizadas en diferentes procedimientos. No obstante, para implementar dicha alternativa se hace necesario el establecimiento de los protocolos para la extracción, procesamiento y esterilización de las piezas extraídas. Existen normas y recomendaciones internacionales para la implementación de estos procedimientos a nivel local, sin embargo, se enfatiza la necesidad de realizar procesos de estandarización y validación para asegurar la calidad de los procedimientos, lo cual hasta el momento no se ha realizado en nuestro país. Dentro de los métodos más utilizados de esterilización de hueso se encuentra la irradiación gamma, para la cual se debe procurar que la radiación penetre totalmente el tejido. La dosis considerada estándar de oro son 25kGy, sin embargo, algunos estudios, mencionan que es insuficiente, por lo que aplican dosis más altas, con lo que se corre el riesgo de alterar factores importantes como la estabilidad del colágeno, la estructura, resistencia biomecánica y capacidad ostoinductiva del hueso, mientras que, el uso de dosis más bajas compromete la esterilidad del tejido, elevando el riesgo de contaminación y transmisión de enfermedades. A pesar de existir estándares

internacionales para varios de los procedimientos que se pretenden implementar, la recomendación general es validarlos a nivel local. Esta investigación pretende establecer y validar los procedimientos para la ablación de hueso y su procesamiento para uso clínico, fomentando a la vez el uso del equipo de irradiación gamma en el área de salud y procurando el traslado de los resultados al sector salud. Existe una alta demanda de material biológico en los diferentes centros de salud del país, como lo reflejan la prensa nacional, estadísticas de la CCSS y del Hospital del Trauma, por lo que la mayor justificación para realizar esta investigación es la capacidad actual que tiene el ITCR de contribuir a disminuir esta demanda y con ello mejorar la calidad de vida de los habitantes y continuar contribuyendo al desarrollo de nuevas estrategias tecnológicas que aporten a la salud humana.

**Palabras clave:** Hueso, Irradiación gamma, Sistema Musculoesquelético, Banco de Tejidos, Medicina Regenerativa

## **PROYECTO 88: Estudios estructurales de proteínas de venenos de serpientes de importancia biomédica para la búsqueda de posibles moléculas terapéuticas inhibitorias mediante difracción de rayos X**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Médicas y de la Salud

**Sub área:** Biotecnología de la Salud

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dr. Erick Hernández

Contacto: [erhernandez@tec.ac.cr](mailto:erhernandez@tec.ac.cr)

## **Resumen**

A pesar de la relevancia médica que los envenenamientos por mordedura de serpiente representan a la salud pública principalmente en América Latina, Asia y África; es un problema que recibe poca atención por parte de autoridades de salud en el mundo. Muchos de sus aspectos permanecen “desatendidos”, siendo catalogada como una “enfermedad tropical desatendida” (“neglected tropical disease”). En Costa Rica, así como en el resto de América Latina, la gran mayoría de envenenamientos por mordedura de serpiente son originados por especies de la familia Viperidae (por ejemplo, bocaracá y terciopelo). Los venenos utilizados por esta familia de serpientes se caracterizan por generar efectos locales en el sitio de la mordedura en la persona afectada (hemorragia local), así como importantes efectos sistémicos que pueden causar la muerte (hemorragia sistémica). La búsqueda de formas novedosas de tratamiento para estos envenenamientos requiere una adecuada comprensión de las toxinas responsables de los efectos, así como del mecanismo de acción de estas toxinas. Aun con la administración de sueros antiofídicos, muchas de las proteínas contenidas en los venenos de las serpientes de la familia Viperidae siguen dañando al organismo, dado que las funciones de neutralización del suero son limitadas. Dos de las proteínas más abundantes en el veneno de las serpientes, y que “escapan” a la neutralización del suero antiofídico, son las fosfolipasas A2 y las metaloproteinasas P-III. Es por ello que para abordar estos interrogantes se hace necesario estudiar la estructura y función de estas proteínas y buscar inhibidores alternativos de mejor respuesta. Una de las técnicas biofísicas más poderosas y mayormente utilizadas a nivel mundial para el estudio

estructural de proteínas es la cristalografía de rayos X. Como resultado de la implementación de esta técnica en el país, continuando con el plan de ruta de esta línea de investigación en el TEC, y basándose en los resultados previos que se han logrado en un proyecto previo se pretende, en esta investigación, realizar una búsqueda de: 1) moléculas inhibitorias para la fosfolipasa; así como 2) las condiciones de cristalización de las metaloproteinasas P-III, para resolver sus estructuras tridimensionales. Este proyecto permitirá un mayor entendimiento de los envenenamientos por mordedura de serpientes, y contribuirá a mejorar el conocimiento básico de los efectos de sus mecanismos patofisiológicos.

**Palabras clave:** Mordedura de serpientes, Viperidae, bocaracá, terciopelo, fosfolipasa A2, metaloproteinasas, difracción de rayos X, cristalografía de proteínas.

## **PROYECTO 89: Caracterización in vitro e in vivo de fitoquímicos antioxidantes y anti inflamatorios aislados de Ganoderma sp**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Médicas y de la Salud

**Sub área:** Ciencias Biológicas, Biotecnología Ambiental, Biotecnología de la Salud

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** MSc. Catalina Rosales

Contacto: [crosales@tec.ac.cr](mailto:crosales@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El proceso inflamatorio involucra una serie de eventos inespecíficos que pueden ser provocados por numerosos estímulos o agresiones del medio (ej.: agentes biológicos, isquemia, interacciones antígeno-anticuerpo, traumatismos, lesiones térmicas o fisicoquímicas, entre otros). Se presenta como respuesta en la mayoría de las enfermedades crónicas degenerativas que afectan a los seres humanos en la actualidad. Los médicos, para contrarrestar los cuadros de inflamación, generalmente recomiendan el uso de medicamentos antiinflamatorios, los cuales son efectivos aunque provocan efectos secundarios en los pacientes e incluso pueden llegar a debilitar los huesos y causar cataratas. En la naturaleza existen plantas y hongos que son utilizados en varios países para tratar diferentes enfermedades inflamatorias, por la presencia de compuestos bioactivos. El empleo de estos productos de origen natural para usos terapéuticos es considerado como medicina alternativa. En China y la India, por ejemplo, existen investigaciones donde han comprobado que el cuerpo fructífero del hongo *Ganoderma lucidum*, presenta propiedades anti inflamatorias. En Costa Rica también, INBIO y la Universidad de Costa Rica han reportado la presencia de varias especies del género *Ganoderma* spp, como: *G. lucidum*, *G. tsugae*, *G. applanatum* y *G. concinna*, pero no el efecto antiinflamatorio de éstos. Con esta investigación se pretende analizar una especie de *Ganoderma* colectada en el 2013, por investigadores de la Escuela de Biología y Forestal, en el valle Central, identificado como *Ganoderma applanatum*. La intención es comparar la capacidad anti inflamatoria del cuerpo fructífero de las investigaciones de China o la India, con respecto al efecto que puede presentar el micelio (material del

hongo introducido en el laboratorio), de esta cepa nacional de Ganoderma. Logrando obtener un extracto con capacidad anti inflamatoria de interés para la industria cosmética o de productos terapéuticos del país. Este proyecto es la Tesis doctoral de la MSc. Rosales López, estudiante activa del doctorado DOCINADE, ingreso 2017, junto con la colaboración del Laboratorio de Biotecnología del Tecnológico de Monterrey, México (FEMSA-ITESM) y el Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot), con quienes se pretende analizar la actividad anti inflamatoria y antioxidante y la producción de biomasa una cepa de Ganoderma costarricense, respectivamente.

**Palabras clave:** Ganoderma sp. in vitro, micelio, actividad anti oxidante

## **PROYECTO 90: Caracterización del contenido proteico y lipídico de biomásas obtenidas de las microalgas Isochrysis galbana y Arthrospira máxima como fuente potencial en alimentos. Fase 1 funcionales**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2018 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Biotecnología Industrial

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** MSc. Maritza Guerrero

Contacto: [mguerrero@tec.ac.cr](mailto:mguerrero@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Los cultivos de microalgas se proyectan como un suplemento alimenticio carbono-neutral potencial para la alimentación de animales. Los perfiles nutricionales de las microalgas se caracterizan por altos contenidos de proteína, carbohidratos y lípidos funcionales por lo que generalmente, el contenido nutricional en microalgas es superior a los piensos convencionales. Una solución a la problemática actual es el desarrollo de alternativas orgánicas a base de microalgas como sustituto parcial a la harina de soya. Haciendo uso de la infraestructura y conocimiento generado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) se podrá desarrollar el cultivo de las microalgas Arthrospira sp. y Isochrysis galbana que presentan un mayor potencial como suplemento en piensos. El presente proyecto pretende caracterizar el contenido proteico y lipídico de biomásas obtenidas de cultivos de las microalgas Isochrysis galbana y Arthrospira maxima como fuente potencial de alimentos funcionales. La biomasa microalgal producida será evaluada respecto a su composición química, con el fin de determinar la viabilidad que tendría como suplemento proteínico y lipídico de la alimentación animal en piensos. La investigación incluye, además, pruebas de escalamiento, para asegurar el crecimiento estable de las microalgas en condiciones de cultivo masivo. El desarrollo de este proyecto permitirá impactar a las industrias de producción avícola y porcina nacional. También se contempla que otro sector beneficiado serán los consumidores debido a las posibles mejoras a nivel nutricional de los productos derivados de carnes de cerdo y huevos lo cual contribuiría a la salud pública de forma indirecta.

**Palabras clave:** Alimentos funcionales, microalgas, lípidos, proteínas, aminoácidos.

## **PROYECTO 91: Desarrollo de estrategias eficientes para la producción masiva de material vegetativo de pilón mediante técnicas biotecnológicas**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Forestal

**Sub área:** Agricultura, Selvicultura, Pesca y Ciencias Afines

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dra. Ana Abdelnour

Contacto: [aabdelnour@tec.ac.cr](mailto:aabdelnour@tec.ac.cr)

## **Resumen**

*Hyeronima alchorneoides* (pilón) es la única especie nativa de Costa Rica que cuenta con potencial para competir, de manera exitosa, con las especies exóticas más utilizadas en plantaciones forestales comerciales como *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*, dado su rápido crecimiento y calidad de su madera. Sin embargo, enfrenta grandes problemas en su reproducción por semilla, por lo que se han realizado esfuerzos para propagar vegetativamente la especie, con resultados que no han permitido abastecer la demanda de material de siembra de calidad para los productores. El presente proyecto plantea el objetivo de establecer protocolos que apoyen los esfuerzos realizados en mejoramiento genético de la especie, que permitan aumentar la cantidad de plantas disponibles para que el sector maderero pueda incluir *H. alchorneoides* de forma satisfactoria en los programas de aprovechamiento forestal. Asimismo, esa investigación permitirá continuar a futuro en el mejoramiento genético no convencional, mediante la inducción de variabilidad para la obtención de nuevas líneas. Para esto, se desarrollarán los protocolos para el establecimiento y escalamiento in vitro en el sistema RITA® de clones superiores provenientes de programas de mejoramiento genético de *H. alchorneoides*. También se desarrollará una metodología para la producción de callos embriogénicos y su crioconservación, ya que, por el comportamiento recalcitrante de la especie, no es posible el almacenamiento de las variedades mejoradas en bancos de semillas. Asimismo, se analizará la recuperación del metabolismo de los tejidos almacenados mediante el análisis de metilación del ADN durante varios estadios de recuperación pos congelamiento. Al finalizar estos ensayos, las plantas provenientes del laboratorio serán comparadas con las plantas

producidas en campo con la metodología convencional de enraizamiento de estaquillas, de manera que se pueda validar la eficiencia de los experimentos realizados, evaluando su sobrevivencia, crecimiento y desarrollo.

**Palabras clave:** Escalamiento in vitro, conservación de los recursos fitogenéticos, mejoramiento genético, H. alchorneoides, metilación del ADN, embriogénesis somática

## **PROYECTO 92: Escalamiento de raíces pilosas de *Phyllanthus acuminatus* (chilillo) y comprobación del efecto anticancerígeno de extractos crudos en un modelo animal**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Biotecnología

**Sub área:** Biotecnología de la Salud

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** MSc. Giovanni Garro

Contacto: [ggarro@tec.ac.cr](mailto:ggarro@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Las especies del género *Phyllanthus* son investigadas por la producción de compuestos fenólicos con alta capacidad antioxidante. Actualmente, la única forma de obtención de los compuestos bioactivos de *Phyllanthus acuminatus* implica la extracción de las raíces. Esto genera la destrucción paulatina de los especímenes y el eventual deterioro de las poblaciones naturales. Por otro lado, si bien existe evidencia científica que respalde la actividad anticancerígena a nivel in vitro asociada a este género, en la medicina popular o “natural”, debe ampliarse el número de pruebas a nivel clínico en este tema, específicamente para la especie de *P.acuminatus*. El uso de modelos animales para evaluar el efecto medicinal de compuestos bioactivos es un paso indispensable en el proceso de elaboración de un medicamento de origen biológico y cabe destacar que la investigación biomédica contempla el estudio del cáncer como un eje primordial dentro de las áreas de interés social. El proyecto plantea la utilización de un modelo animal como parte de los ensayos de actividad biológica, a partir de raíces pilosas en proceso de escalamiento. Esta investigación representa una continuación de dos proyectos en los cuales se han obtenido resultados prometedores, reflejados además en dos tesis de grado y posgrado. Cuenta con el apoyo de una empresa farmacéutica, así como de una contraparte internacional. El objetivo del proyecto es la optimización del protocolo para el escalamiento en biorreactor de raíces pilosas de *Phyllanthus acuminatus* transformadas con *Agrobacterium rhizogenes*, para obtener metabolitos y comprobar su actividad anticancerígena en modelos in vivo de cáncer de mama.

**Palabras clave:** Biorreactor, compuestos bioactivos, escalamiento, raíz pilosa, pruebas clínicas.

## **PROYECTO 93: Estudio del desplazamiento en suelo, virulencia y potencial biotecnológico de cepas de Listeria spp. aisladas en Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Biotecnología

**Sub área:** Biotecnología Industrial

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** MSc. Johnny Peraza

Contacto: [jperaza@tec.ac.cr](mailto:jperaza@tec.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 94: Desarrollo de dos formulados prototipo con base en Trichoderma sp para la aplicación de microorganismos mejoradores de suelo de uso agrícola**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Biotecnología

**Sub área:** Ciencias Biológicas

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Ing. William Rivera

Contacto: [wirivera@tec.ac.cr](mailto:wirivera@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Las tendencias mundiales de las empresas transnacionales y de los centros de investigación en agricultura, conducen a la utilización de los microorganismos rizosféricos o sus metabolitos secundarios en productos formulados para el control de enfermedades y el mejoramiento de las raíces de las plantas. Las formulaciones tienen muchas ventajas de mercado y para el uso por parte de los agricultores. Los cambios tecnológicos pretenden superar el cuello de botella generado en el uso de control biológico en el país, sobre todo, en el sector hortícola. El proyecto consiste en elaborar dos prototipos de bioinsumos para ser usados en la agricultura, como biocontroladores de enfermedades y mejoradores de suelo. Estos productos estarán formados por esporas purificadas o metabolitos secundarios de tipo enzimático de *Trichoderma asperellum* y *T. harzianum* junto con ingredientes inertes. Se elaborará un prototipo en sustrato sólido en el Centro de Investigaciones en Biotecnología (CIB) del Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y otro como un biofiltrado. El protocolo para el biofiltrado será desarrollado por investigadores del CEPROBI (México), el cual será transferido a investigadores del CIB, donde se procederá con la purificación de fracciones proteicas y su formulación. El protocolo y formulación del prototipo sólido será desarrollado totalmente por investigadores del ITCR. La obtención de estos formulados será un paso importante para el desarrollo del control biológico para el país, pues representará el primer bio-insumo estabilizado, lo cual acelerará la implantación de novedosas estrategias de manejo integrado de enfermedades en los cultivos de más consumo en el mercado costarricense.

**Palabras clave:** Trichoderma sp, rizosféricos, biocontroladores.

## **PROYECTO 95: Evaluación de microorganismos con actividad antimicrobiana asociados a adultos de avispas sociales (Hymenoptera: Vespidae; Polistinae, Epiponini)**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Ciencias Médicas y de la Salud

**Sub área:** Biotecnología de la Salud

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dra. Laura Chavarría

Contacto: [laura.chavarria@tec.ac.cr](mailto:laura.chavarria@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Algunos de los antibióticos que se utilizan en seres humanos actualmente no están siendo eficaces para combatir infecciones que hasta hace poco tiempo eran tratables, debido a la resistencia que algunos microorganismos están desarrollando contra esos medicamentos. Por este motivo la Organización Mundial de la Salud (2014) ha llamado la atención sobre la necesidad de buscar nuevos tratamientos antimicrobianos, principalmente antibióticos. Los insectos sociales tienen algunas características que los hacen organismos ideales para buscar nuevos antibióticos, por ejemplo, viven en colonias de muchos individuos en condiciones relativamente estables y acumulando desechos, de forma similar a como viven los humanos en las ciudades. A pesar de ser un grupo que presenta las mismas características de otros insectos sociales, se conoce muy poco sobre las comunidades de microorganismos asociadas a las avispas sociales Neotropicales (Epiponini). Por este motivo, el objetivo de este proyecto es estudiar los microorganismos productores de antibióticos asociados a las colonias de avispas sociales, para evaluar su acción antibiótica. Los microorganismos productores de antibióticos serán identificados. Para determinar la actividad antibiótica de las cepas aisladas se realizarán ensayos de actividad antimicrobiana en el CENIBiot. Finalmente, se integrarán los resultados obtenidos para hacer una interpretación evolutiva sobre la relación entre los microorganismos y las diferentes especies de avispas. Los resultados obtenidos serán muy importantes en el estudio de nuevas sustancias antibióticas y también ayudarán a entender el establecimiento de las relaciones simbióticas entre microorganismos y avispas.

**Palabras clave:** Microorganismos, avispas sociales, actividad antibiótica, nidos.

## **PROYECTO 96: Determinación de las características fisicoquímica y evaluación de la viabilidad económica de un prototipo de biofertilizante a base de microalgas costarricenses (Fase II)**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Biotecnología

**Sub área:** Biotecnología Industrial

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** MSc. Maritza Guerrero

Contacto: [mguerrero@tec.ac.cr](mailto:mguerrero@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Las actividades agrícolas actuales tienen una gran importancia en la economía de Costa Rica debido a que contribuye significativamente al Producto Interno Bruto (PIB), a la generación de empleo, y en los últimos años se ha convertido en un sector exportador dinámico y competitivo. Sin embargo, las exigencias del mercado cada vez son mayores hacia el empleo de tecnologías más eficientes y con una baja huella de Carbono. Para cumplir estas exigencias principalmente en los mercados europeos, donde destina gran parte de las exportaciones se debe de buscar paquetes tecnológicos que le permitan al sector agrícola nacional aumentar el rendimiento de los cultivos, mejorar el uso de suelo, cuidar el agua y el ambiente. Las microalgas pueden ser una solución de bajo costo para alcanzar estos objetivos, ya que, estas contienen altos niveles de micronutrientes y macronutrientes esenciales en el crecimiento de las plantas, además de fitohormonas como giberelinas, auxinas y citoquininas. Sin embargo, para hacer más eficiente la biodisponibilidad de todos estos componentes se debe de contar con una formulación apropiada que sea estable a través del tiempo. Este proyecto pretende continuar con los avances alcanzados en el desarrollo de productos del potencial biotecnológico con cepas de microalgas nativas de Costa Rica. Se requiere de un estudio de factibilidad para lograr optimizar las formulaciones que permitan generará un producto con las características necesarias para ser transferido al sector productivo agrícola, el cual está urgido de nuevas alternativas tecnológicas y económicas para una eficiente fertilización de sus cultivos.

**Palabras clave:** Biofertilizantes, formulaciones, emulsiones, estabilidad, factibilidad.

## **PROYECTO 97: Evaluación del efecto elicitor de biopartículas de Quitosano-Pectina con potencial de inducción de resistencia en plantas**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Biotecnología

**Sub área:** Biotecnología Industrial

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Ing. Randall Chacón

Contacto: [rchacon@tec.ac.cr](mailto:rchacon@tec.ac.cr)

### **Resumen**

La actividad agrícola actual enfrenta importantes retos ambientales y económicos para la producción sostenible de alimento, ya que el manejo tradicional de los cultivos ha provocado la contaminación de suelos, agua y ambiente, la aparición de nuevas plagas y enfermedades y ha incidido negativamente en el calentamiento global. En la mayoría de los casos, la solución es incrementar la aplicación de insumos agrícolas incluyendo los pesticidas, lo que conlleva a consecuencias negativas a nivel ambiental, económico y en la salud humana. La necesidad de enfrentar de forma eficiente esta problemática ha impulsado el desarrollo aplicaciones bionanotecnología para la producción agrícola como lo es el desarrollo de partículas inteligentes para el transporte dirigido de sustancias dentro de las plantas y la inducción de resistencia, en busca de disminuir la aplicación de químicos tradicionales. A nivel mundial y principalmente en nuestro país, existen muy pocas alternativas para el control de plagas y enfermedades mediante la inducción de resistencia en plantas. Específicamente en Costa Rica, no se cuenta con el desarrollo y evaluación local de un producto agrícola nanotecnológico producido por ejemplo, a partir de la estructuración ingenieril de partículas biopoliméricas de pectina y quitosano, las cuales se conoce que tienen el potencial de mejorar los sistemas de producción agrícola mediante la inducción de respuesta defensiva en plantas. El objetivo de este proyecto es evaluar el potencial elicitor para resistencia en plantas que presentan biopartículas de quitosano (QTS) y Pectina (OGAs) sintetizadas en el proyecto “Diseño de biopartículas de QuitosanoOligogalacturónidos con potencial de inducción de resistencia innata en plantas.” Estas biopartículas se

optimizarán para obtener tamaños compatibles para interacción biológica y se caracterizarán a través de técnicas como FTIR, DSC, diámetro hidrodinámico de partículas, potencial Z, entre otras. Se utilizará como modelo biológico plantas de papa para estudiar la respuesta de las partículas en plantas. Se determinará la respuesta bioquímica de las plantas mediante la variación de la concentración del regulador de crecimiento ácido jasmónico asociado a procesos de defensa en plantas utilizando técnicas cromatográficas y espectrofotométricas. También se estudiará la expresión de genes asociados a la ruta de estimulación por ácido jasmónico.

**Palabras clave:** Biopartículas, quitosano, pectina, elicitores, defensa de plantas, ácido jasmónico, expresión génica.

## **PROYECTO 98: Desarrollo de un extracto de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante, a partir de cultivos celulares de mora (Rubus adenotrichos Schltl.) producidos en biorreactor**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Biotecnología

**Sub área:** Biotecnología Industrial

### **Escuelas participantes:**

Participante Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Ing. Alexander Schmidt

Contacto: [aschmidt@tec.ac.cr](mailto:aschmidt@tec.ac.cr)

## **Resumen**

Las especies reactivas de oxígeno (ROS), al estar presentes en altas concentraciones en la célula, provocan un desbalance oxidativo, el cual está relacionado con el daño y envejecimiento celular, que se asocian con la incidencia de enfermedades tales como problemas cardiovasculares, neurodegenerativas y el cáncer, entre otras. Los antioxidantes son los compuestos que capturan y neutralizan los ROS, manteniéndolos en niveles óptimos para el ser humano. Los antioxidantes se pueden obtener de dos formas, de manera endógena, ya que el cuerpo lo produce y de manera exógena en la alimentación. Sin embargo, los antioxidantes exógenos son estrictamente necesarios, debido a que los que se producen internamente, no son suficientes para evitar el estrés oxidativo. Las plantas sintetizan compuestos antioxidantes como productos secundarios. En general, las bayas han sido catalogadas como una excelente fuente de antioxidantes. Investigaciones recientes han demostrado que la mora (Rubus adenotrichos Schltl.) cultivada en la zona de los Santos presenta una gran cantidad de compuestos bioactivos, específicamente elagitaninos, comparada a otras frutas, las cuales presentan beneficios in vitro e in vivo para el tratamiento de cáncer de piel y diabetes. Sin embargo, hasta ahora, todos los estudios se han enfocado en el consumo de la fruta o el jugo. No obstante, es importante considerar el uso de herramientas biotecnológicas que permitan producir estos compuestos bioactivos en mayor cantidad y de una manera estandarizada, logrando mejores rendimientos y permitiendo que el producto pueda ser utilizado como un alimento nutraceutico o suplemento nutricional. Por esta razón, el objetivo de este proyecto es obtener un extracto de los compuestos bioactivos con capacidad antioxidante de la

mora a través de un bioproceso. Esta investigación incluye la optimización de las condiciones de operación en un biorreactor de 4 L, desarrollando las cinéticas de crecimiento y la cuantificación de los compuestos funcionales por medio de la capacidad antioxidante, polifenoles totales y HPLC.

**Palabras clave:** Mora, capacidad antioxidante, bioproceso, escalamiento, purificación.

## **PROYECTO 99: Herramientas biotecnológicas en vainilla para aumentar la resistencia a *Fusarium oxysporum***

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Biotecnología, Ciencias Agrícolas y Agronómicas

**Sub área:** Biotecnología Agrícola

### **Escuelas participantes:**

Participante Agronomía

**Investigador Coordinador:** Ing. Xiomara Mata

Contacto: [xmata@tec.ac.cr](mailto: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 100: Desarrollo de la metodología de análisis integrado de semen en ganado Bos indicus**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2020

**Área:** Biotecnología, Ciencias Agrícolas y Agronómicas

**Sub área:** Ciencias biológicas, Ganadería, Otras ciencias agronómicas

### **Escuelas participantes:**

Participante Agronomía

**Investigador Coordinador:** Dr. Anthony Valverde

Contacto: [anvalverde@tec.ac.cr](mailto:anvalverde@tec.ac.cr)

## **Resumen**

La movilidad de los espermatozoides, la cinética, así como la concentración son las principales variables evaluadas en un análisis seminal. Los sistemas de análisis seminal asistidos por computadora (CASA) proporcionan una evaluación más objetiva de la motilidad de los espermatozoides que la estimación visual, así como la información de variables cinéticas y morfométricas. Este proyecto es una recopilación de información andrológica de los hatos bovinos, mediante los procesos desarrollados para alcanzar la caracterización de cada animal y del hato de machos bovinos. Con los procesos desarrollados para alcanzar la caracterización de los eyaculados, se desarrollará en conjunto con la metodología de análisis de un sistema computarizado de análisis seminal, para la evaluación de semen de ganado Bos indicus, a su vez las muestras serán crío preservadas, encontrándose una porción de las dosis seminales congeladas a disposición de los productores bovinos. Adicionalmente, este proyecto contará con un programa de capacitación que pretende llevar a los productores bovinos, conocimiento en temas innovadores y herramientas tecnológicas que le permitirán la toma de decisiones dentro de los sistemas de producción.

**Palabras clave:** ganado, andrología, reproducción, semen, sistemas CASA, análisis seminal.

## **PROYECTO 101: 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@itcr.ac.cr](mailto:acarrasquilla@itcr.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 102: 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 Computacion, San Carlos

Participante: Matemática

**Investigador Coordinador:** Ing. Yoselyn Walsh

Contacto: [ywalsh@itcr.ac.cr](mailto:ywalsh@itcr.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 103: Dinámica de la logística empresarial, enfoque de perspectivas en Bogotá**

### **Periodo de ejecución:**

Del 12 de octubre del 2020 al 31 de mayo del 2021

**Área:** Ingenierías y Tecnologías

**Sub área:** Otras ingenierías y tecnologías

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería en Producción Industrial

Cooperante: Uniminuto (Colombia)

Unicompensar (Colombia)

**Investigador Coordinador:** Ing. Felix Badilla Murillo

Contacto: [fbadilla@tec.ac.cr](mailto:fbadilla@tec.ac.cr)

## **Resumen**

El presente documento describe la propuesta de investigación que surge en programa de Tecnología en Logística Empresarial TLEM Bogotá Sede San Camilo de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. El objeto del proyecto es identificar los diversos vacíos del conocimiento enfocados en transporte, productividad e innovación en empresas de Bogotá, teniendo en cuenta que es la ciudad más importante del país en cuanto al aporte del PIB del 31% y representa el 32% de las empresas registradas en Colombia, información suministrada en el balance de la economía de la región Bogotá – Cundinamarca 2019. Con este proyecto se busca generar información relevante de acuerdo a los datos recopilados de la gestión del conocimiento en las empresas y del estado del arte, con el fin de establecer posibles soluciones a los problemas que en la actualidad afectan la logística y la sostenibilidad en las empresas.

La metodología desarrollada para la realización de esta investigación fue realizada por los docentes del programa de TLEM, en la cual se estableció que en el proceso participarían los estudiantes e instituciones de educación superior. Las encuestas fueron aplicadas por los estudiantes del programa de Tecnología en Logística Empresarial TLEM y del programa de Ingeniería Industrial, a través de ellos se recogió la información de las encuestas en las empresas. Igualmente se planeó la colaboración de los estudiantes para desarrollar el marco teórico de referencia para lo cual se elaboró y se socializó un instructivo con el fin de que los estudiantes participen en este proceso lo que les permitirá mejorar la competencia de lectura crítica y comunicación escrita.

A partir de los resultados que arroje la investigación se prevé identificar las oportunidades de mejora que tienen las empresas

en la ciudad, relacionadas con tópicos fundamentales de la logística como lo son:

- Competitividad y productividad
- Transporte
- Innovación y tendencias

Dicha información busca generar soluciones y alternativas que mejoren la situación actual de las empresas desde el enfoque logístico; mediante la presentación de diferentes estrategias de acuerdo a los resultados obtenidos.

Se cuenta con la participación y apoyo de los profesores del programa de Tecnología en Logística empresarial, la Unidad de Ingeniería de Uniminuto e instituciones de Educación Superior y gubernamentales como Fundación Universitaria Cafam, la Escuela de Logística del Ejército Nacional y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane), los que tendrán una participación en la investigación del desarrollo de las encuestas y en la elaboración de los productos. Esto trae otros beneficios adicionales como es el trabajo con otras instituciones.

**Palabras clave:** Logística, competitividad, productividad, transporte, innovación

## Abstract

This document describes the research proposal that arises in the TLEM Bogotá Business Logistics Technology program, San Camilo Headquarters of the Minuto de Dios University Corporation. The purpose of the project is to identify the various knowledge gaps focused on transportation, productivity and innovation in companies in Bogotá, taking into account that it is the most important city in the country in terms of GDP contribution of 31% and represents 32% of the companies registered in Colombia, information provided in the balance of the economy of the Bogotá - Cundinamarca region 2019.

This project seeks to generate relevant information according to the data collected from knowledge management in companies and the state of the art, in order to establish possible solutions to the problems that currently affect logistics and sustainability in companies. Business.

The methodology developed to carry out this research was carried out by the teachers of the TLEM program, in which it was established that students and institutions of higher education would participate in the process. The surveys were applied by the students of the TLEM Business Logistics Technology program and the Industrial Engineering program, through them the information from the surveys in the companies was collected. Likewise, the collaboration of the students was planned to develop the theoretical framework of reference for which an instructional manual was developed and socialized in order for the students to participate in this process, which will allow them to improve their critical reading and written communication skills.

Based on the results of the research, it is expected to identify the opportunities for improvement that companies have in the city, related to fundamental topics of logistics such as:

- Competitiveness and productivity
- Transportation
- Innovation and trends

This information seeks to generate solutions and alternatives that improve the current situation of companies from the logistics approach; by presenting different strategies according to the results obtained

**Keywords:** logistics, competitiveness, productivity, transport, innovation

## **PROYECTO 104: 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 2022

**Area:** 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](mailto: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 105: 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@itcr.ac.cr](mailto:ylaw@itcr.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 real-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 106: Optimización automática de parámetros en simulaciones epidemiológicas de alta precisión**

### **Periodo de ejecución:**

Del 05 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ciencias naturales

**Sub área:** Computación y Ciencias de la Información

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ingeniería en Computación

**Investigador Coordinador:** Dr. Esteban Meneses

Contacto: [esmeneses@itcr.ac.cr](mailto:esmeneses@itcr.ac.cr)

### **Resumen**

La crisis sanitaria que vive el mundo por la epidemia de COVID-19 ha tenido un impacto enorme en la salud pública, la economía, los sistemas educativos y muchos campos más. Se augura que epidemias como ésta se conviertan en la norma en los próximos años debido a los modelos de desarrollo imperantes que empujan con más vigor la frontera con la naturaleza. La comunidad científica se ha abocado a entender la dinámica de la actual pandemia desde múltiples frentes. En particular, los modelos epidemiológicos han surgido como una herramienta indispensable en la creación de políticas públicas para hacerle frente a las circunstancias cambiantes de la pandemia en diferentes regiones del mundo. Las simulaciones de los modelos epidemiológicos son vitales porque permiten anticipar consecuencias potencialmente catastróficas para los sistemas de salud. ¿Se debería imponer una nueva cuarentena con la última subida de los casos? ¿Cuándo se podría volver presencialmente el sistema educativo? ¿Cuál sería la estrategia de vacunación más efectiva?

Esas preguntas las responden simulaciones de modelos epidemiológicos. En Costa Rica existen varios de esos modelos, cada cual con sus bondades y desventajas. Una colaboración internacional entre el Tecnológico de Costa Rica, el Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT), el Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (Inciensa) y el Instituto Federal de Paraná en Brasil ha desarrollado un modelo epidemiológico de alta precisión para Costa Rica, basado en el código computacional Corona++. Estas simulaciones son eficientes de ejecutar y permiten estudiar fenómenos a escalas muy pequeñas, tales como los contagios a nivel de distritos del país. Ese grado de precisión

permite entender mejor la dinámica de la epidemia y la forma de establecer estrategias de control. Sin embargo, antes de ejecutar las simulaciones es necesario ajustar los múltiples parámetros del modelo. Este proceso es manual, lento y tedioso. Peor aún, cambios en las premisas del modelo hacen necesario un reajuste de los parámetros. Con este proyecto de investigación, se pretende optimizar automáticamente la selección de parámetros de las simulaciones de modelos epidemiológicos en Corona++ para permitir que el código sea, no solamente eficiente como un todo, sino también fácilmente escalable a otros entornos y flexible para estudiar diferentes variables de interés. La base computacional de este proyecto puede extenderse en un futuro a otro tipo de epidemias, nuevas y ya conocidas. Nuevos coronavirus podrían aparecer en el futuro y generar epidemias de grandes proporciones. Epidemias ya conocidas impactan al país periódicamente, como la influenza estacional, el dengue y el Zika. Tener una base computacional para epidemias es crucial para garantizar una mejor respuesta a estas epidemias y mejorar la calidad de vida de los costarricenses.

**Palabras clave:** Simulaciones epidemiológicas, aprendizaje automático, COVID-19

## Abstract

The health crisis that the world is experiencing due to the COVID-19 epidemic has had a huge impact on public health, the economy, educational systems and many other fields. It is predicted that epidemics like this will become the norm in the coming years due to the prevailing economic models that push

the border with nature more vigorously. The scientific community has sought to understand the dynamics of the current pandemic from multiple fronts. In particular, epidemiological models have emerged as an indispensable tool in the creation of public policies to face the changing circumstances of the pandemic in different regions of the world.

The simulations of epidemiological models are vital because they allow anticipating potentially catastrophic consequences for health systems. Should a new quarantine be imposed with the latest rise in cases? When could the educational system return in person? What would be the most effective vaccination strategy? These questions are answered by simulations of epidemiological models. Several of these models have been tried in Costa Rica, each with its advantages and disadvantages. An international collaboration between the Tecnológico de Costa Rica, the Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT), the Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (Inciensa) and the Federal Institute of Paraná in Brazil has developed a highly accurate epidemiological model for Costa Rica, based on the Corona++ computational code. These simulations are efficient to execute and allow the study of phenomena at very small scales, such as contagions at the district level. This degree of precision allows us to better understand the dynamics of the epidemic and how to establish control strategies. However, before running the simulations it is necessary to adjust multiple parameters of the model. This process is manual, slow and tedious. Worse still, changes in the premises of the model require a readjustment of the parameters. With this research project, we intend to automatically optimize the parameter selection of the epidemiological model simulations in Corona++

to allow the code to be, not only efficient as a whole, but also easily scalable to other environments and flexible to study different variables of interest. The computational base of this project may be extended in the future to other types of epidemics, new and already known. New coronaviruses could appear in the future and generate epidemics of great proportions. Known epidemics periodically impact the country, such as seasonal influenza, dengue, and Zika. Having a computational base for epidemics is crucial to guarantee a better response to these epidemics and improve the quality of life of Costa Ricans

**Keywords:** Epidemic simulations, machine learning, COVID-19

## **PROYECTO: FAIR 107: 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. Jaime Gutiérrez

Contacto: [jgutierrez@itcr.ac.cr](mailto:jgutierrez@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, multidisciplinares 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 108: Factores determinantes en la implementación de transformación digital y su impacto en los modelos de negocio.**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de marzo del 2020 al 01 de marzo del 2022

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Otras Ingenierías y Tecnologías

**Área:** Ciencias Sociales

**Sub área:** Economía y Negocios

### **Escuelas participantes:**

Proponente Administración de Empresas

Participante Ingeniería en Computación

**Investigador Coordinador:** Dra. José Martínez

Contacto: [jomartinez@itcr.ac.cr](mailto:jomartinez@itcr.ac.cr)

## **Resumen**

La transformación digital (TD) es un tema actual y relevante para Costa Rica, se refiere a las tecnologías digitales que las organizaciones han venido adoptando e implementando como diferentes estrategias, produciendo cambios en sus modelos de negocio. A partir del año 2018, el Gobierno de la República ha planteado una estrategia país denominada “Estrategia de Transformación Digital hacia la Costa Rica del Bicentenario 4.0”. El TEC, por su parte, reconoce la importancia de desarrollar proyectos innovadores y de impacto científico, económico y social, que además contribuye al desarrollo tecnológico en las empresas impactadas, según lo plantea en su política institucional siete. De acuerdo con la visión institucional, el proyecto contribuye al desarrollo de la innovación científico-tecnológica pertinente, la iniciativa emprendedora y la estrecha vinculación con los diferentes actores sociales del país, en este caso las PYMES. La investigación se incluye en el eje de conocimiento estratégico industria, donde abarca las pequeñas y medianas empresas del país de los sectores secundario (procesos) y terciario (servicios), así mismo, se relaciona con los ejes transversales de tecnología e innovación. El proyecto se enmarca en las líneas de investigación del CIADEG de emprendimiento y PYMES, y la línea de TICs aplicadas a procesos de negocios e innovación empresarial. Por su parte, se encuentra alineado con las líneas del CIC, de aplicaciones de la computación en distintos dominios científicos, tecnológicos, organizacionales y sociales. El objetivo de esta investigación es identificar los factores determinantes en la implementación de transformación digital y su impacto en los modelos de negocio de PYMES en el GAM de Costa Rica mediante una investigación con enfoque

mixto para mejorar la competitividad en las PYMES del país. Se contempla el uso de software para el análisis de resultados, tanto en la primera fase cualitativa, NVivo; como en la siguiente fase del estudio cuantitativa con Smart PLS. El tema es de relevancia ya que pretende ofrecer recomendaciones a los empresarios costarricenses que inicien procesos de transformación digital para su pequeña o mediana empresa, y se encuentra alineada con la estrategia de digitalización del país. Además, es novedosa debido a que, aunque se ha venido impulsando la TD en los últimos años, no existe una investigación científica de este tipo ni estudios que mencionan el caso de Costa Rica, lo que permite llenar un vacío en la literatura y resalta la importancia de la investigación y su impacto potencial. Como parte de los resultados de la investigación, se ha considerado entregar un informe con los principales hallazgos al MEIC, para contribuir al desarrollo de la política pública correspondiente, además de talleres de divulgación de la guía con los empresarios nacionales. Finalmente, con respecto al producto académico, los resultados serán publicados en revistas como Management Decision y/o Technology Innovation Management Review indexadas en ISI: Web Of Science; o Journal of Small Business Enterp. Develop, indexada en SCOPUS, así como ponencias en los congresos CLADEA y/o ALAFEC.

**Palabras clave:** Transformación digital, modelo de negocios, PYMES.

## **Abstract**

Digital transformation (DT) is a current and relevant topic, it refers to the digital technologies that organizations have been adopting and implementing as different strategies, causing changes in its business models. Since 2018, Costa Rica's Government has proposed a strategy for the country called "Digital Transformation Strategy towards the Bicentennial Costa Rica 4.0". TEC recognizes the importance of developing innovative projects with scientific, economic and social impact, that also contribute to the technology development of the impacted companies, as stated in its institutional policy number seven. According to the institutional vision, the project contributes to the development of relevant innovation, sci-tech, the entrepreneurial initiative and the close link between the country's different social actors, the SMEs in this case. The research is included in the industry knowledge axis, where it covers the country's SMEs from the secondary (processes) and tertiary (services) sectors, as well as the transversal axes of technology and innovation. The project is part of the following lines of research: entrepreneurship and SMEs, and ICTs applied to business' processes and business innovation (CIADEG). On the other hand, is part of the CIC's lines of research: computer applications in different scientific, technological, organizational and social domains. The purpose of this research is to identify the determining factors in the digital transformation implementation and its impact on the SMEs business models at the Costa Rica's GAM through a mixed research approach to improve the competitiveness in the country's SMEs. The use of software is contemplated for the results analysis, in both the first qualitative phase, NVivo; and the following quantitative study phase with Smart PLS. The topic is relevant as it aims to offer

recommendations to costa rican businesspersons to start the digital transformation processes for their small or medium enterprises, and it is aligned with the country's digital transformation strategy. It is also a novel project because even though, DT has been promoted in recent years, there is no scientific research of this kind, nor studies that mention the Costa Rican case, which allows filling a gap in the literature and highlights the importance of this research and its potential impact. Within the results of this research, we consider to give a report with the main findings to the MEIC, in order to contribute to the development of the corresponding public policy, also dissemination workshops of the guide with national businesspersons. Finally, regarding the academic product, the results will be published in journals such as Management Decision and/or Technology Innovation Management Review indexed in ISI: Web of Science; or Journal of Small Business Enterp. Develop, indexed in SCOPUS and paper presentations in conferences like ALAFEC and/or CLADEA.

**Keywords:** Digital Transformation, Business Model, SMEs

## **PROYECTO 109: Factores que influyen en la capacidad innovadora de las pequeñas y medianas empresas industriales en Costa Rica**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de abril del 2020 al 1 de abril del 2022

**Área:** Ciencias Sociales

**Sub área:** Economía y Negocios

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Administración de Empresas

**Investigador Coordinador:** Dr. Juan Carlos Leiva.

Contacto: [jleiva@itcr.ac.cr](mailto:jleiva@itcr.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.

### **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.

## **PROYECTO 110: La intención emprendedora de las estudiantes universitarias en América Latina: factores influyentes en su desarrollo**

### **Periodo de ejecución:**

Del 30 de agosto del 2020 al 30 de agosto del 2022

**Área:** Ciencias Sociales

**Sub área:** Economía y Negocios

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Administración de Empresas

Participante Oficina Equidad de Género

**Investigador Coordinador:** Dr. Juan Carlos Leiva

Contacto: [jleiva@itcr.ac.cr](mailto:jleiva@itcr.ac.cr)

### **Resumen**

La intención emprendedora es el principal predictor de la actividad emprendedora, la cual ha sido ligada con diversos beneficios para una sociedad. Por ende, la intención emprendedora se ha convertido en un tema de investigación relevante. En dicho ámbito, una de las preguntas abiertas en la literatura científica es: ¿cuáles factores influyen en las intenciones emprendedoras de las mujeres? Por ello, esta propuesta busca ayudar a responder parte de esa pregunta, enfocándose en concreto en el emprendimiento universitario femenino en América Latina. Específicamente, el objetivo de la propuesta es determinar los factores que influyen en la intención emprendedora de las estudiantes universitarias en América Latina. La metodología prevista es de carácter mixto, con elementos de orden cualitativo y cuantitativo. Se busca generar aportes de conocimiento para diseñadores de política pública, autoridades universitarias, así como las propias mujeres emprendedoras

### **Abstract**

Entrepreneurial intention is the main predictor of entrepreneurial activity and it has been related to several social benefits. Therefore, the entrepreneurial intention has become a relevant research topic. In the academic literature, one open question is, what factors influence the entrepreneurial intentions in women? Following that path, this proposal seeks to share light on part of the question, focusing specifically on female university entrepreneurship in Latin America. The objective of the proposal is to determine the factors that influence the entrepreneurial intention of university students in Latin America. The

methodological approach will be both qualitative and quantitative. The aim is to share knowledge for policymakers, university authorities, and female entrepreneurs

## **PROYECTO 111: 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@itcr.ac.cr](mailto:maguevara@itcr.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 pilotada 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 112: 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. Larua Segura Serrano.

Contacto: [lsegura@itcr.ac.cr](mailto:lsegura@itcr.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 acorde a las condiciones específicas de los Ríos de Costa Rica.

**Palabras clave:** Transporte de sedimentos de fondo, dinámica fluvial, ecuaciones, evaluación

**Keywords:** Bed-load sediment transport, fluvial dynamics, evaluation, equations.

## **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 researches 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 questions that arise 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.

## **PROYECTO 113: 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@itcr.ac.cr](mailto:kvillagra@itcr.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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 114: 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@itcr.ac.cr](mailto:kvillagra@itcr.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 recalcitrance, 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 115: 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. Roael Campos

Contacto: [rocampos@itcr.ac.cr](mailto:rocampos@itcr.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 116: Desarrollo de matrices porosas extracelulares con propiedades eléctricas (MECC) para el estudio in vitro de tejido celular**

### **Periodo de ejecución:**

Del 05 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Tecnologías Convergentes

**Sub área:** Nuevos Materiales

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Química

Participante Escuela de Ingeniería Electrónica

### **Cooperantes:**

Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA),UCR

Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET), UCR

Escuela de Física, UNA

Cooperación Internacional con la Universidad de Santiago de Compostela, España

**Investigador Coordinador:** Dr. Ricardo Starbird

Contacto: [rstarbird@itcr.ac.cr](mailto:rstarbird@itcr.ac.cr)

## **Resumen**

¿Qué se quiere hacer?

En este proyecto se pretende evaluar el potencial de un material poroso conductor de electricidad, fabricado usando biopolímeros, para el crecimiento celular. Las propiedades de este novedoso material, permitiría ser empleado en medicina regenerativa.

¿Cómo y para qué se va hacer?

El procesamiento de las materiales porosos se realizará empleando tecnología verde basada en el secado supercrítico de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Los procesos de secado con fluidos supercríticos, como el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), son una técnica utilizada a nivel industrial para producir aerogeles con excelentes propiedades, ya que permite conservar la estructura tridimensional del material [9], [10]. Esta capacidad, entre otras del proceso de secado con fluidos supercríticos, ha permitido su utilización en actividades industriales como el secado de alimentos [11] y producción de aerogeles de sílica, utilizados como aislantes térmicos, también como alternativas a los paneles de vidrio comunes y en la encapsulación de fármacos [10]. Además, la red COST CA18125 (Advanced Engineering and Research of aeroGels for Environment and Life Sciences) [39] de la cual Costa Rica es un socio Internacional, lo que permite tener acceso a un grupo de expertos en el área de estos materiales.

Este estudio permitiría general materiales que sean empleados en la generación de tejidos, lo cual sería de beneficio para diversos campos médicos. El material propuesto a estudiar en esta investigación es único en su conjunto de propiedades, lo

que permite abarcar propiedades como tamaño de poro, propiedades mecánicas, propiedades eléctricas y liberación controlada. Y el estudio se realizaría en un grupo interdisciplinario con experiencia e indicadores pertinentes en la administración de recursos

**Palabras clave:** Biopolímeros; materiales porosos; biomimético; multiestimulación; Ingeniería de tejidos; polímeros conductores

## **Abstract**

Porous materials based on polysaccharides have been used in tissue engineering as synthetic extracellular matrices to promote, in vitro, the regeneration of different tissues. Those structured materials provide structural similarities to extracellular matrices, offering a highly porosity, three-dimensional environment, and adequate mechanical properties, optimal for tissue engineering studies. Biomimetic 3D scaffold systems allow control over biophysical and biochemical cues, modulating the extracellular environment through mechanical, electrical, and biochemical stimulation of cells, driving their molecular reprogramming. Our project focuses on the tunable characteristics of the synthetic matrix using a conducting polymer and the application as drug delivery systems for biochemical stimulation.

**Keywords:** biopolymers; porous materials; biomimetic; multi-stimulation; tissue engineering; conductive polymers

## **PROYECTO 117: 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 31 de diciembre del 2022

**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: [Iromero@itcr.ac.cr](mailto:Iromero@itcr.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 citotóxicas para organismo 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 118: Ventilador Mecánico de bajo costo**

### **Resumen**

El proyecto tiene como finalidad la implementación y evaluación preclínica de un prototipo de ventilador mecánico de bajo costo, y paralelamente reunir documentación y estudios para la futura inscripción de un proyecto de dispositivo médico ante el Ministerio de Salud. También se espera avanzar en la generación de un instrumento de protección de la propiedad industrial del desarrollo del ventilador.

El proyecto consta de la implementación de un ventilador mecánico operado de forma neumática con dos alternativas, una 100% mecánica, que no requiera conexión eléctrica para su operación y otra electromecánica que permita un monitoreo y control completo de las variables mediante válvulas y sensores electrónicos.

### **Periodo de ejecución:**

Del 13 de julio del 2020 al 31 de diciembre del 2021

### **Área:**

**Sub área:**

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

Participante: Escuela de Biología  
Escuela de Electrónica

**Investigador Coordinador:** Ing. Adrian Quesada

Contacto: [adquesada@itcr.ac.cr](mailto:adquesada@itcr.ac.cr)

## **PROYECTO 119: HOPE-TEC: Prototipo de respiradores tipo N95 alternativos (mascarillas y máscaras faciales) fabricados con materiales y procesos accesibles**

### **Periodo de ejecución:**

Del 13 de julio del 2020 al 31 de diciembre del 2021

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Ingeniería Médica

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

Participante Escuela de Química

Escuela de Seguridad e Higiene Laboral

Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dr. Jorge Cubero

Contacto: [jcubero@itcr.ac.cr](mailto:jcubero@itcr.ac.cr)

## **Resumen**

El virus SARS-CoV2 se transporta en pequeñas gotículas (aerosol) que ingresan por la nariz, ojos y boca, con un tiempo de 4 a 72 horas de permanencia en superficies. La principal protección ante el contagio es evitar el contacto con estos fluidos. Debido a la evolución de la pandemia, se ha incrementado el uso del equipo de protección personal, con un efecto directo sobre el costo de venta y su disponibilidad; lo cual ha generado propuestas de tipo artesanal, mismas que han generado dudas respecto al nivel de protección que brindan, ya que el riesgo asociado es alto. Por lo anterior, es que las mascarillas clasificadas como N95 se convirtieron en poco tiempo en un producto de alta demanda en todo el mundo, ya que brinda protección de vías respiratorias contra partículas sólidas y líquidas. Este proyecto pretende ofrecer prototipos de equipo de protección en apoyo a la emergencia del COVID-19, que serán sometidos a ensayos que brindarán criterios técnicos específicos sobre su respuesta a los fluidos y material particulado. Tomando en consideración criterios de diseño, acceso a materiales y posibilidad de fabricación, se plantean dos soluciones que cumplan con las mismas normas y estándares de calidad exigidos a nivel internacional.

**Palabras clave:** SARS-CoV 2, mascarillas, respiradores, eficiencia de filtración, prueba de ajuste cuantitativa

## **Abstract**

The SARS-CoV 2 virus is transported in small droplets (aerosol) that enter through the nose, eyes and mouth, with

a surface persistence ranging from 4 to 72 hours. The main protection against contagion is to avoid contact with these fluids. Due to the evolution of the pandemic, the use of personal protective equipment has increased, with a direct effect on the cost of sale and its availability; which has generated artisan-type proposals, which have raised doubts regarding the level of protection they provide, since the associated risk is high. Due to the above, it is that the masks classified as N95 became in a short time a product of high demand throughout the world, since it provides protection of the respiratory tract against solid and liquid particles. This project aims to offer prototypes of protective equipment in support of the COVID-19 emergency, which will be subjected to tests that will provide specific technical criteria on their response to fluids and particulate matter. Taking into consideration design criteria, access to materials and the feasibility of manufacturing, two solutions are proposed that comply with international regulations and quality standards.

**Keywords:** SARS-CoV 2, face masks, respirators, filtration efficiency, quantitative fit test

## **PROYECTO 120: Diseño y desarrollo de un producto biotecnológico para degradación de grasas y aceites**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de julio del 2020 al 30 de junio del 2022

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Sub área:** Biotecnología Ambiental

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Alexander Schmidt

Contacto: [aschmidt@itcr.ac.cr](mailto:aschmidt@itcr.ac.cr)

## **Resumen**

Las grasas y aceites son compuestos contaminantes del agua, además de ser problemas en los sistemas de alcantarillado público. Ante esto, la empresa Florex y el Centro de Investigación en Biotecnología se plantearon la idea de generar un producto biológico que pueda ayudar a solventar esta problemática. Para esto, lo que se pretende es aislar microorganismos capaces de degradar estos compuestos, caracterizarlo y realizar pruebas de su potencial como agente degradador. Posteriormente, se seleccionará un microorganismo el cuál será escalado en un biorreactor artesanal, en donde la biomasa obtenida se someterá a pruebas de formulación con el fin de que pueda ser producido comercialmente por la empresa Florex.

**Palabras clave:** Grasas, aceites, bioproceso, producto biológico.

## **Abstract**

Fats and oils are polluting compounds in water, as well as being problems in public sewer systems. Given this, the company Florex and the Centro de Investigación en Biotecnología considered the idea of generating a biological product that can help to solve this problem. For this, what is intended is to isolate microorganisms capable of degrading these compounds, characterize it and test its potential as a degrading agent. Subsequently, a microorganism will be selected which will be scaled in an artisan bioreactor, where the biomass obtained will undergo formulation tests so that it can be commercially produced by the Florex company

**Keywords:** Fats, oils, bioprocess, biological product

## **PROYECTO 121: 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 2022

**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@itcr.ac.cr](mailto:mguerrero@itcr.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 m<sup>3</sup> 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 biomásas 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 CO<sub>2</sub> 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 122: Desarrollo y transferencia del conocimiento científico y métodos agroforestales para la producción óptima y sostenible de fibras naturales de abacá (*Musa textilis* Née) para la exportación**

### **Periodo de ejecución:**

Del 05 de febrero del 2021 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ambiente y Agua

**Sub área:** Biodiversidad

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Biología

Participante Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Giovanni Garro

Contacto: [ggarro@itcr.ac.cr](mailto:ggarro@itcr.ac.cr)

## **Resumen**

**Descripción:** el Abacá (*Musa textilis* Née), 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. Es pariente cercana del banano y nativa de Filipinas, pero se encuentra presente en los trópicos húmedos.

**Aplicación industrial:** su principal aplicación es en la producción de papeles especiales y se reportan más de 300 productos a nivel mundial como las bolsas de té y filtros para café.

**Proceso de producción:** en el campo, cada tallo debe cortarse en tiras, las cuales son raspadas en una máquina para remover la pulpa, agrupadas y secadas para luego ser transportadas hacia los centros de acopio para la exportación.

**Potencial comercial del cultivo en Costa Rica:** el abacá es valorado por su gran resistencia mecánica, siendo una de las fibras más resistentes y que no sufren deterioro por agua salada.

La empresa Glatfelter, principal compradora de abacá en Costa Rica, afirma que la fibra de Costa Rica tiene propiedades superiores y diferenciadas a las de Ecuador y Filipinas, por lo que su uso está reservado para productos muy especializados. Además, el rendimiento por unidad de área es superior en Costa Rica que en otros países.

**Nota:** faltan datos científicos de caracterización comparativa para determinar con exactitud la magnitud de esas ventajas de la fibra costarricense sobre las extranjeras.

Producción actual y futura: actualmente hay más de 100 pequeños productores de comunidades indígenas en baja Talamanca que requieren el acompañamiento técnico de este proyecto. Estos productores están representados mediante la Fundación Dejando Huella, la cual esta como institución participante del proyecto y permitirán establecer los estudios en las plantaciones que ya tienen en producción y la toma de las diversas muestras.

En total, se han identificado alrededor de 500 hectáreas sembradas de abacá en el país, pero existe demanda potencial, considerando sólo a la empresa Glatfelter, de alrededor de 2 mil hectáreas más. Si se considera que, además de esa empresa, existen otras interesadas en la fibra, el desarrollo y transferencia de la tecnología y el conocimiento del cultivo de abacá impactará positivamente la producción y el empleo de las comunidades donde se implemente el cultivo.

Oportunidades de mejora: se tiene evidencia científica que el cultivo y la fibra tiene mejores características si se maneja bajo sombra, lo cual no se hace actualmente, y para hacerlo es necesario desarrollar un protocolo de manejo del cultivo en el campo en un modelo agroforestal, que permita no sólo un mayor rendimiento de la extracción de fibra, sino un cultivo sostenible que beneficie los ecosistemas circunvecinos de las plantaciones.

Además de las aplicaciones conocidas, es de interés conocer otras aplicaciones industriales de alto valor agregado a partir de las características físicas - químicas de la fibra y de los residuos del cultivo.

## **PROYECTO 123: Diseño y validación de una escala para evaluar el ajuste a la vida universitaria en el contexto costarricense**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de julio del 2021 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ciencias Sociales

**Sub área:** Psicología

### **Escuelas participantes:**

Proponente Departamento de Orientación y Psicología

**Investigador Coordinador:** Dra. Tannia Moreira

Contacto: [tmoreira@itcr.ac.cr](mailto:tmoreira@itcr.ac.cr)

## **Resumen**

La población de primer ingreso a la educación superior experimenta un periodo crítico ante múltiples cambios académicos, psicosociales e institucionales que pueden influir en la adaptación e integración exitosa a la vida universitaria y, por ende, en su desempeño académico y permanencia. En el ámbito internacional se han adaptado y aplicado diversos cuestionarios, pero en el contexto costarricense no existe un instrumento validado para medir este constructo multifactorial de ajuste a la vida universitaria. Por ello en esta investigación se pretende diseñar y validar una escala para evaluar un modelo de ajuste a la vida universitaria en tres dimensiones: académica, motivacional y social.

El estudio será descriptivo correlacional en el cual se utilizarán diversas técnicas para la recolección y análisis de los datos que permitirán analizar las evidencias de validez de la escala del modelo propuesto de ajuste a la vida universitaria, específicamente: contenido, estructura factorial, convergente y predictiva. La investigación se desarrollará en tres etapas y participarán estudiantes de primer ingreso del 2022 del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

A partir de los resultados se obtendrá una escala tipo Likert, diseñada desde una propuesta teórica, con suficientes evidencias empíricas de validez, que permitirá evaluar este constructo, identificar los factores de riesgo y tomar decisiones oportunas para mejorar la adaptación e incentivar el éxito del estudiantado durante su primer año universitario en Costa Rica.

**Palabras clave:** ajuste universitario, validez, dimensión académica, dimensión motivacional y dimensión social.

## **Abstract**

The population of freshman to higher education experiences a critical period in the face of multiple academic, psychosocial and institutional changes that can influence their adaptation and successful integration into university life and, therefore, their academic performance and permanence. At the international level, various questionnaires have been adapted and applied, but in the Costa Rican context there is no a validated instrument to measure this multifactorial construct. For this reason, this research aims to design and validate a scale to evaluate a model of adjustment to university life in three dimensions: academic, motivational and social.

The study will be descriptive correlational in which various techniques will be used for the collection and analysis of data that will allow to analyze the evidence of validity of the model of adaptation to university life, specifically: content, factorial structure, convergent and predictive. The research will be carried out in three stages and will involve freshman from Instituto Tecnológico de Costa Rica in 2022.

From the results, a Likert-type scale will be obtained, designed from a theoretical model, with sufficient empirical evidence of validity, which will allow to evaluate this construct, identify risk factors and make timely decisions to improve adaptation and encourage student success during his first year of college in Costa Rica.

**Keywords:** university adjustment, validity, academic dimension, motivational dimension and social dimension

## **PROYECTO 124: El estudio de caso de cinco mujeres de la comunidad de San Ramón de La Virgen de Sarapiquí: turismo rural, emprendimiento y empoderamiento de mujeres**

### **Periodo de ejecución:**

Del 01 de enero del 2021 al 31 de diciembre del 2022

### **Área: Ciencias Sociales**

**Sub área:** Sociología, Economía y Negocios, Otras ciencias sociales

### **Escuelas participantes:**

Proponente Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales, CTLSC

Participante Carrera de Gestión del Turismo Rural Sostenible, CTLSC

Carrera de Administración de Empresas, CTLSC

**Investigador Coordinador:** Dra. Patricia López

Contacto: [plopez@itcr.ac.cr](mailto:plopez@itcr.ac.cr)

## **Resumen**

El empoderamiento comunitario juega un papel preponderante en la sociedad. Las comunidades rurales empoderadas son fundamentales para el crecimiento socioeconómico de cualquier región. La literatura indica que el empoderamiento de las mujeres puede ayudar con el desarrollo comunal (Buendía-Martínez y Carrasco, 2013; Erazo, Jiménez y López, 2014; Soto y Fawaz, 2016). Este estudio de caso, basado en la investigación cualitativa, tiene como propósito describir las percepciones de cinco mujeres de una comunidad rural después de haber sido capacitadas en turismo y emprendimiento durante el periodo 2015 a 2018, para explorar cómo estas percepciones contribuyen al empoderamiento de su comunidad. Tomando en cuenta la Teoría Feminista (Grbich, 2009), este estudio exploratorio utilizará el análisis de contenido (Hatch, 2002), en su enfoque temático (Braun y Clarke, 2006; Clark y Braun, 2013), para categorizar los temas que representan las perspectivas de las mujeres. Los datos serán recolectados y triangulados a través de entrevistas semiestructuradas, observación de campo y recolección de documentación. Este estudio ayudará a tener una comprensión más consolidada de las experiencias y el rol que juegan las mujeres en la comunidad rural.

**Palabras clave:** Comunidad, Empoderamiento, Emprendimiento, Mujer, Rural, Turismo

## **Abstract**

Community empowerment plays a major role in society. Empowering communities in rural areas has become

fundamental for the socioeconomic growth of any region. The literature indicates that the empowerment of women can help increase their community development (Buendía-Martínez & Carrasco, 2013; Erazo, Jiménez & López, 2014; Soto & Fawaz, 2016). This case study, based on qualitative research, aims at describing the perceptions of five women in a rural community after a training process of tourism and entrepreneurship during 2015-2018, to explore how these perceptions contribute to their community empowerment. Based on Feminist Theory (Grbich, 2009), the exploratory study will use content analysis (Hatch, 2002) in its thematic approach (Braun & Clarke, 2006; Clark & Braun, 2013) to categorize themes to present the women's views. Data will be collected and triangulated through semi-structured interviews, field observation, and document gathering. The study will help to better comprehend the experiences and the role women play in the rural community.

**Keywords:** Community, Empowerment, Entrepreneurship, Rural, Tourism, Women