

Reunión Nacional de Investigación — FORESTAL —

MEMORIA

“AMANECER EN EL LAGO” / José Villanueva Díaz

COMPILADORES:

Rogelio Flores Velázquez, Elba Rojas Díaz y Luis Reyes Muro

ISSN

2954-419X



Comité Científico Forestal

COORDINACIÓN

Rogelio Flores Velázquez, INIFAP
Elba Rojas Díaz, INIFAP

RESPONSABLES DE SECCIÓN

Miguel Ángel Vallejo Reyna	INIFAP	BIOTECNOLOGÍA, GENÉTICA Y GENÓMICA FORESTAL
Vidal Guerra de la Cruz Efraín Velasco Bautista José Carlos Monárrez González	INIFAP	MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
José Ángel Prieto Ruíz Andrés Flores García	INIFAP	PLANTACIONES FORESTALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES
Martín Gómez Cárdenas	INIFAP	CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL
José Germán Flores Garnica	INIFAP	PROTECCIÓN, MANEJO DEL FUEGO Y SALUD FORESTAL
Martha Elena Fuentes López	INIFAP	TECNOLOGÍA Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES

Revisores por sección

BIOTECNOLOGÍA, GENÉTICA Y GENÓMICA FORESTAL

Antonio Andrade Torres	INBIOTECA
Miguel Ángel Vallejo Reyna	INIFAP
Germán Nic-Mateos	CICY
José Javier Hujara Vasconcelos	COLPOS
Yajima Yahosca Osorno Borst	ENCB-IPN
Karla Alicia Peraza Jiménez	UACAM
Liliana Muñoz Gutiérrez	INIFAP
Francisco Fabián Calvillo Aguilar	INIFAP
José Ramón Pacheco Arjona	UADY
Rosa Yasmin Us Camas	ITESCAM
Florencia García Campusano	INIFAP
Carlos Iván Cruz Cárdenas	INIFAP
Grecia Montalvo Fernández	UMDI-UNAM
Luis Felipe Guzmán Rodríguez	INIFAP

MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE Y SERVICIOS AMBIENTALES

Melchor Rodríguez Acosta	INIFAP
Martín Martínez Salvador	UACH
Martín Enrique Romero Sánchez	INIFAP
Marisela Cristina Zamora Martínez	INIFAP
Gerónimo Quiñonez Barraza	INIFAP
Efraín Velasco Bautista	INIFAP
José Carlos Monárrez González	INIFAP
Juan Carlos Tamarit Urias	INIFAP
Enrique Buendía Rodríguez	INIFAP
Antonio Cano Pineda	INIFAP
Manuel de Jesús González Guillén	COLPOS
Fabián Islas Gutiérrez	INIFAP
Eulogio Flores Ayala	INIFAP
Arian Correa Díaz	INIFAP
Venancio Cuevas Reyes	INIFAP
Xavier García Cuevas	INIFAP
Antonio González Hernández	INIFAP
Jesús Valentín Gutiérrez García	INIFAP
José Luis Jolalpa Barrera	INIFAP
Aldo Rafael Martínez Sifuentes	INIFAP
Georgel Moctezuma López	INIFAP

Francisco Moreno Sánchez	INIFAP
Alma Delia Ortiz Reyes	INIFAP
Miguel Acosta Mireles	INIFAP
Jonathan Hernández Ramos	INIFAP
Ramiro Pérez Miranda	INIFAP
Guadalupe Fabiola Reygadas Prado	INIFAP
Ernesto Alonso Rubio Camacho	INIFAP
Juan de Dios Benavides Solorio	INIFAP
Martín Gómez Cárdenas	INIFAP
Francisco Cruz Cobos	INSTITUTO TECNOLÓGICO EL SALTO
José Leonardo García Rodríguez	INIFAP
Francisco Cruz García	UAAAN
Omar Alejandro Reyes Ortega	UAdeC
Gustavo Pérez Verdín	IPN
Erickson Basave Villalobos	INIFAP
Armando Gómez Guerrero	COLPOS
José Ángel Sigala Rodríguez	INIFAP
Marco Antonio Márquez Linares	INIFAP
Valentín J. Reyes Hernández	COLPOS

PLANTACIONES FORESTALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES

F. Ofelia Plascencia Escalante	COLPOS
Javier López Upton	COLPOS
José Leonardo García Rodríguez	INIFAP
Rosa Elvira Madrid Aispuro	UJED
Silvia Salcido Ruiz	UJED
José Luis García Pérez	INIFAP
Manuel Alarcón Bustamante	INIFAP
Arnulfo Aldrete	COLPOS
José Ángel Prieto Ruíz	UJED
José Ángel Sigala Rodríguez	INIFAP
Xavier García Cuevas	INIFAP
Alberto Pérez Luna	COLPOS
Jonathan Hernández Ramos	INIFAP
Laura Elena Martínez Nevárez	UJED
Erickson Basave Villalobos	INIFAP
H. Jesús Muñoz Flores	INIFAP
Liliana Muñoz Gutiérrez	INIFAP
Rubén Barrera Ramírez	UANL
Tomás Pineda Ojeda	INIFAP

Jorge Méndez González	UAAAN
Alejandro Corona Ambriz	UACH
Dora Alicia García García	INIFAP
Mario Valerio Velasco García	INIFAP
Carlos Roman Castillo Martínez	INIFAP
José Vidal Cob Uicab	INIFAP
Adan Hernández Hernández	INIFAP
Marcos Jiménez Casas	COLPOS
Georgel Moctezuma López	INIFAP
Arian Correa Díaz	INIFAP
Pablo Amin Ruiz Cruz	INIFAP
Edgar Hernández Máximo	INIFAP
Georgina Vargas Simón	UJAT
Enrique Buendía Rodríguez	INIFAP
Jorge Bustillos Herrera	UACH
J. Jesus Zenil Rubio	PROFESIONISTA INDEPENDIENTE
Juan de Dios Benavides Solorio	INIFAP
Victor Hugo Díaz Fuentes	INIFAP
Martín Gómez Cárdenas	INIFAP
Gabriel Sosa Pérez	INIFAP
J. Trinidad Sáenz Reyes	INIFAP
Alma Liz Vargas de la Mora	INIFAP
Homero Sarmiento López	INIFAP

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL

Rigoberto González Cubas	ITSMIGRA
Adán Hernández Hernández	INIFAP
Angelina Bautista Cruz	UANL
Rubén Barrera Ramírez	INIFAP
Mario Valerio Velasco García	INIFAP
Margarito Maldonado Ortiz	UACH
H. Jesús Muñoz Flores	INIFAP
J. Trinidad Sáenz Reyes	INIFAP
Juan Carlos Guzmán Santiago	UANL
Jorge Reyes Reyes	USC
Ricardo Rivera Vázquez	INIFAP
Erickson Basave Villalobos	INIFAP
Berenice Ramírez López	UMSNH
Benjamín Villa Castillo	INIFAP
Martín Gómez Cárdenas	INIFAP

PROTECCIÓN, MANEJO DEL FUEGO Y SALUD FORESTAL

Oscar Reyes Cárdenas	UASLP
Ana Graciela Flores Rodríguez	INIFAP
Guillermo Sánchez Martínez	INIFAP
Agustín Gallegos Rodríguez	U de G
Julián Cerano Paredes	INIFAP
José German Flores Garnica	INIFAP
Juan de Dios Benavides Solorio	INIFAP
Jaqueline Xelhuantzi Carmona	INIFAP
Gabriela Orozco Gutiérrez	INIFAP
Gabriela Ramírez Ojeda	INIFAP

TECNOLOGÍA Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES

Rodolfo Goche Télles	UJED
Artemio Carrillo Parra	UJED
Martha Elena Fuentes López	INIFAP
Idalia Zaragoza Hernández	PROFESIONISTA INDEPENDIENTE
Fabiola Eugenia Pedraza Bucio	UMSNH
Juan Carlos Tamarit Urias	INIFAP
Flora Apolinar Hidalgo	INIFAP

Tabla de contenido

	PÁGINA
BIOTECNOLOGÍA, GENÉTICA Y GENÓMICA FORESTAL	
ÁREAS PARA LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS DE <i>Pinus douglasiana</i> Martínez	1
APLICACIÓN DE MODELOS LINEALES GENERALIZADOS PARA EVALUAR EL EFECTO DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO SOBRE LONGITUD DE BROTES DE <i>Agave potatorum</i>	4
ELEMENTOS ANATÓMICOS DEL <i>Pinus engelmannii</i> CARR. Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA	7
IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE DIECIOCHO ESPECIES DE AGAVE <i>sensu lato</i> (Agavoideae, Asparagaceae)	10
INDUCCIÓN DE CALLOGÉNESIS <i>IN VITRO</i> EN CHILE PIQUÍN SILVESTRE (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>)	13
EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE SA EN COCOTERO SOBRE LA EXPRESIÓN DE GENES RELACIONADOS A LA RUTA DEL ABA	16
RAICES-INIFAP: PROGRAMA PARA EL ENSAMBLE DE CLOROPLASTOS DE PLANTAS NO MODELO	19
EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN EL METABOLISMO DEL ABA EN <i>Pinus patula</i>	22
VARIACIÓN GENÉTICA Y PLASTICIDAD FENOTÍPICA EN EL PATRÓN DE CRECIMIENTO ESTACIONAL EN ALTURA DE <i>Pinus pseudostrabus</i>	25
CRIOPRESERVACIÓN DE GERMOPLASMA DE <i>Pinus patula</i>	28
RECUPERACIÓN <i>IN VITRO</i> DE GERMOPLASMA CRIOPRESERVADO DE <i>Cedrela odorata</i> L.	31
CONTROL GENÉTICO DE CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO EN EDADES JUVENILES DE <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake EN HUIMANGUILLO, TABASCO	34
CONTROL GENÉTICO E INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE DE <i>Eucalyptus urophylla</i> A TEMPRANA EDAD EN TABASCO	37
ADAPTACIÓN A LA SEQUÍA EN <i>Pinus pseudostrabus</i> : VARIACIÓN GENÉTICA Y PLASTICIDAD FENOTÍPICA EN CARACTERES MORFO-ANATÓMICOS FUNCIONALES	40
VARIACIÓN Y CONTROL GENÉTICO EN EL CRECIMIENTO DE TRES ENSAYOS DE PROCEDENCIAS-PROGENIES DE <i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i> EN OAXACA	44
IDENTIFICACIÓN DE MICROSATELITES (SSR) EN <i>Pinus oocarpa</i>	47

MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE Y SERVICIOS AMBIENTALES

TABLA DE RENDIMIENTO PARA <i>Swietenia macrophylla</i> King EN BOSQUES NATURALES DE QUINTANA ROO, MÉXICO	51
EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA DE LOS BOSQUES A PARTIR DE ANILLOS DE CRECIMIENTO	54
MODELO ALTURA-DIÁMETRO PARA CULMOS DEL BAMBÚ GIGANTE <i>Guadua aculeata</i> Rupr. EN PUEBLA, MÉXICO	57
MODELO DE GESTIÓN ESTRATÉGICA FORESTAL PARTICIPATIVA PARA EL DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE EN EJIDOS Y COMUNIDADES EN MÉXICO	60
INTERPOLACIÓN ESPACIAL DE PM ₁₀ Y PM _{2.5} EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	63
DISTRIBUCIÓN DE LA SEQUÍA SOBRE LA POBLACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN EN MÉXICO	66
DISTRIBUCIÓN DE LA SEQUÍA SOBRE LOS ECOSISTEMAS DE MÉXICO DURANTE EL PERIODO 2000-2021	69
VARIABILIDAD HISTÓRICA DEL FLUJO ESTACIONAL RECONSTRUIDO EN EL PARQUE NACIONAL CUMBRES DE MAJALCA, CHIHUAHUA, MÉXICO	72
CAPTURA DE AGUA PROVENIENTE DE NIEBLA EN BOSQUES DE <i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltl. & Cham.	75
INFERENCIA DE BIOMASA AÉREA CON INFORMACIÓN LIDAR OBTENIDA CON DRONES EN BOSQUES TEMPLADOS CON MANEJO FORESTAL	78
EVALUACIÓN DE LA CONSULTA PÚBLICA SOBRE LA PERCEPCIÓN DE LA CERTIFICACIÓN EN EL EJIDO FELIPE CARRILLO PUERTO	81
EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL IMPACTO DE LA CERTIFICACIÓN POR MANEJO FORESTAL DEL EJIDO NOH-BEC, QUINTANA ROO	84
EL PROCESO DE CERTIFICACIÓN FORESTAL EN EL EJIDO CAOBA, Q.ROO, UN INSTRUMENTO PARA LA MEJORA CONTINUA	87
EL ECOTURISMO EN MÉXICO: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DEL PERIODO 2002-2022	90
CLASIFICACIÓN DE COBERTURA FORESTAL EN COMUNIDADES DEL MONTE TLÁLOC CON DATOS DE RADAR Y ÓPTICOS	93
ESCENARIO FUTURO DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ARDILLA DE PETERS (<i>Sciurus oculatus</i> PETERS 1863) EN BOSQUES DEL EJE NEOVOLCÁNICO	96
APRENDIZAJE AUTOMÁTICO EN LA CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS TERRESTRES DE UNA REGIÓN ÁRIDA-SEMIÁRIDA USANDO IMÁGENES SENTINEL-2	99
DIVERSIDAD ARBÓREA Y PRESENCIA DE MAMÍFEROS EN BOSQUES BAJO MANEJO FORESTAL EN CHIGNAHUAPAN, PUEBLA	102

MARCO ANALÍTICO PARA EVALUAR CONFLICTOS Y ESCENARIOS FUTUROS DEL USO DE LA TIERRA EN ECOSISTEMAS FORESTALES EN VERACRUZ, MÉXICO	105
ESTIMACIÓN DE VOLUMEN MADERABLE MEDIANTE DIFERENTES TAMAÑOS DE MUESTRA EN PREDIOS CON MANEJO FORESTAL EN PUEBLA, MÉXICO	109
INDICADOR COMPUESTO DE GOBERNANZA DE LOS RECURSOS FORESTALES COMUNITARIOS EN SAN MIGUEL TOPILEJO, CIUDAD DE MÉXICO	112
ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO AÉREO EN TRES ALTITUDES EN BOSQUES DE <i>Pinus hartwegii</i> Lindl. DEL PARQUE NACIONAL COFRE DE PEROTE	115
ANÁLISIS DEL MODELO TERRACLIMATE PARA LA PREDICCIÓN DE PRECIPITACIÓN DURANTE LOS PERIODOS LLUVIOSOS DE 2012 Y 2013 EN BOSQUE TEMPLADO	118
PREDICCIÓN DE VARIABLES FORESTALES USANDO MODELOS LINEALES MIXTOS Y DATOS DE LIDAR SATELITAL	121
METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN CRUZADA USADA EN EL MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN EN <i>Juniperus deppeana</i> Steud. A PARTIR DEL DIÁMETRO NORMAL, EN TLAXCALA, MÉXICO	124
MODELADO DE LA IDONEIDAD DE HÁBITAT DE CANDELILLA (<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.) EN MÉXICO	127
CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UNIDADES DE MUESTREO EN LA EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE BOSQUES TEMPLADOS	130
PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE <i>Agave lechuguilla</i> Torr. EN UN MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO DETERMINADOS MEDIANTE ÍNDICES DE ASOCIACIÓN	133
MONITOREO DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN DE FLUJOS DE AGUA EN PAISAJES PRODUCTIVOS DEL ECOSISTEMA TEMPLADO DE MÉXICO	136
DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN BOSQUES TEMPLADOS DE LA MESETA PURHÉPECHA CARACTERIZACIÓN EDAFOCLIMÁTICA DE DOS ESPECIES DE AGAVE MEZCALERO (<i>Agave angustifolia</i> Haw y <i>Agave potatorum</i> Zucc.) EN EL ESTADO DE OAXACA	142
COMPLEJIDAD ESTRUCTURAL Y SU RELACIÓN CON EL BALANCE DE CARBONO EN BOSQUES TEMPLADOS DE JALISCO	145
ELEMENTOS TÉCNICOS ESENCIALES PARA UN PROTOCOLO RECTOR SOBRE EL MANEJO ESTANDARIZADO DE LA DENSIDAD DE RODALES COETÁNEOS	148
DETERMINACIÓN DE POBLACIÓN OBJETIVO PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS MEDIANTE EL USO DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL	151
EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA, BIOMASA Y CARBONO EN DOS PLANTACIONES DE <i>Pinus engelmannii</i> CON DIFERENTE MANEJO SILVÍCOLA	154
LA INVESTIGACIÓN SOBRE LAS RESERVAS DE CARBONO DEL SUELO DE BOSQUES TEMPLADOS BAJO MANEJO	157
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE <i>Agave lechuguilla</i> Torr. EN ECOSISTEMA DE MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO	160

CRITERIOS E INDICADORES DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PARA LOS BOSQUES TEMPLADOS DE MÉXICO	163
¿CÓMO ES EL COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE <i>Picea chihuahuana</i> Martínez BAJO EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL AUMENTO DE CO ₂ EN LA ATMÓSFERA?	166
MODELO GENERALIZADO DE ALTURA-DIÁMETRO PARA <i>Pinus douglasiana</i> EN BOSQUES PRODUCTIVOS DE JALISCO	170
MODELOS DE VOLUMEN FUSTAL, TOTAL ÁRBOL Y AHUSAMIENTO PARA ESPECIE: MADERABLES EN BOSQUE TEMPLADO DE DURANGO, MÉXICO	173
BIOMASA FORESTAL AÉREA EN BOSQUE TEMPLADO DE DURANGO; DOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN	176
CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD ARBUSTIVA DE SOTOL (<i>Dasyllirion leiophyllum</i>) EN CHIHUAHUA, MÉXICO	180
PLANTACIONES FORESTALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES	
MODELO ALTURA TOTAL-DIÁMETRO NORMAL PARA PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES DE <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl., EN PATAMBAM, MICHOACÁN, MÉXICO	184
FENOLOGÍA DE ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS DE <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	187
VARIACIÓN Y CONTROL GENÉTICO DE PLÁNTULAS DE ÁRBOLES SUPERIORES RESINEROS DE <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	190
CAPACIDAD REPRODUCTIVA DE <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco EN PLANTACIONES COMERCIALES DE ÁRBOLES DE NAVIDAD	193
ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN AGROFORESTAL EN MÉXICO: UN ENFOQUE BIBLIOMÉTRICO	196
CAPACIDAD GERMINATIVA DE SEMILLAS Y DESARROLLO INICIAL DE PLANTAS DE <i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Schiede ex Standl.	199
VARIACIÓN Y RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CONOS, SEMILLAS Y ACÍCULAS DE <i>Pinus oocarpa</i> EN LA SIERRA SUR DE OAXACA	202
VIABILIDAD Y CAPACIDAD GERMINATIVA DE SEMILLAS DE ÁRBOLES DE TRES ESPECIES DE PINO EN LA REGIÓN DE EL SALTO, DURANGO	205
EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE TERRENO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE AGAVE MEZCALERO EN OAXACA, MÉXICO	208
MODELOS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE <i>Agave angustifolia</i> Haw. EN EL ESTADO DE JALISCO, MÉXICO	211
EVALUACIÓN DE PLANTACIONES EXPERIMENTALES DEL CULTIVO DEL HULE (<i>Hevea brasiliensis</i>) EN JALISCO	214
EFFECTO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO SOBRE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN UN MOSAICO AGROFORESTAL DEL SURESTE DE MÉXICO	217

EFFECTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLA DE <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd.) EN DOS CONDICIONES AMBIENTALES	220
EFFECTO DE LA PODA RADICAL Y OREO EN EL CRECIMIENTO DEL MAGUEY CENIZO	223
EVALUACIÓN DE RETENEDORES DE HUMEDAD Y PREPARACIÓN DEL TERRENO EN LA SUPERVIVENCIA DE ENCINO (<i>Quercus emoryi</i> Torr.) EN CHIHUAHUA	225
GERMINACIÓN DE BELLOTAS DE <i>Quercus durifolia</i> Seemen Ex Loes ALMACENADAS EN DIFERENTES SUSTRATOS	228
VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES Y CALIDAD DE RESINA DE <i>Pinus oocarpa</i> EN LA SIERRA SUR DE OAXACA	231
USO DE HIDROGEL EN LA PRODUCCIÓN DE MEZQUITE EN VIVERO: RESPUESTAS MORFOLÓGICAS, CALIDAD DE PLANTA Y ESTADO HÍDRICO	234
CAPACIDAD PRODUCTIVA DE CLONES DE UN HUERTO SEMILLERO DE SEGUNDA GENERACIÓN DE <i>Pinus patula</i>	237
MORFOLOGÍA Y NUTRICIÓN EFICIENTE DE <i>Pinus cooperi</i> C. E. BLANCO CON FERTILIZANTE DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN VIVERO	240
CRECIMIENTO INICIAL EN VIVERO DE PROGENIES DE DOS VARIEDADES DE <i>Pinus greggii</i> DE LA MIXTECA ALTA DE OAXACA	243
CONTEO DE ÁRBOLES Y ESTIMACIÓN DE ATRIBUTOS ESTRUCTURALES EN UNA PLANTACIÓN DE <i>Pinus engelmannii</i> Carr., MEDIANTE IMÁGENES OBTENIDAS POR DRONES	246
SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE PROCEDENCIAS DE ÁRBOLES RESINEROS DE <i>Pinus oocarpa</i> EN LA MIXTECA, OAXACA	249
CRECIMIENTO, VIGOR Y SANIDAD EN PROCEDENCIAS DE <i>Pinus pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i> EN LA MIXTECA DE OAXACA	252
EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE PROGENIES DE <i>Pinus engelmannii</i> Carr. en TEMECHI, MUNICIPIO DE GUERRERO, CHIHUAHUA	255
CONCENTRACIÓN DE °BRIX EN POBLACIONES SILVESTRES DE SOTOL (<i>Dasyllirion leiophyllum</i>) EN DIFERENTE NIVEL DE ALTITUD EN EL ESTADO CHIHUAHUA, MÉXICO	258
DINÁMICA DE CRECIMIENTO EN ENSAYOS DE PROGENIE DE FAMILIAS RESINERAS DE <i>Pinus pseudostrobus</i> EN MICHOACÁN	261
EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS ANTITRASPIRANTES SOBRE LA PÉRDIDA DE AGUA EN TEJIDO VEGETAL DE DOS ESPECIES DE PINO	264
PRODUCCIÓN DE <i>Chloris gayana</i> CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y/O ORGÁNICA EN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA CUENCA DEL LAGO DE ZIRAHUÉN, MICHOACÁN	267
PREDICCIÓN DE PESO FRESCO DE PIÑA DE <i>Agave angustifolia</i> Haw. EN PLANTACIONES DE SANTA CATARINA QUIANÉ, OAXACA	270

DINÁMICA DE HUMEDAD DE SUELO EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE HIDROGEL EN CONDICIONES AMBIENTALES CONTROLADAS Y DE INTEMPERIE	273
SUPERVIVENCIA DE INJERTOS DE <i>Pinus greggii</i> CON DOS TÉCNICAS Y DOS ESTADÍOS FENOLÓGICOS DE LAS YEMAS	276
VARIACIÓN INTRA E INTERESPECÍFICA DEL DESARROLLO RADICAL EN PLÁNTULAS DE TRES ESPECIES DE PINO DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO	279
EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN SEIS CLONES DE HULE (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.) EN TEZONAPA, VERACRUZ	282
RELACIÓN DEL ÁREA FOLIAR CON CIRCUNFERENCIA DEL TALLO Y RENDIMIENTO EN HULE <i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg. EN TEZONAPA, VERACRUZ, MÉXICO	284
FUNCIONES ALOMÉTRICAS DE VOLUMEN, BIOMASA, Y CARBONO EN PLANTACIONES TROPICALES DE <i>Tectona grandis</i> L., EN JALISCO Y NAYARIT, MÉXICO	287
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL	
EFFECTO DE LA TEMPERATURA DURANTE LA GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE PLUMULA DE SEMILLAS ESCARIFICADAS DE <i>Andira galeottiana</i> Standl.	291
ÁREAS DE RIQUEZA Y DETERMINANTES DE DISTRIBUCIÓN DE <i>Pinus spp.</i> EN MÉXICO	294
EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO Y PASTO ALPINO EN REFORESTACIONES ESTABLECIDAS EN EL PARQUE NACIONAL IZTACCÍHUATL-POPOCATÉPETL	297
DIAGNÓSTICO BIOFÍSICO DE LA SUBCUENCA TILTEPEC, JIQUIPILAS, CHIAPAS	300
CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL MUNICIPIO DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, PERIODO 2000-2020	303
CARACTERIZACIÓN DEL GERMOPLASMA DE <i>Pinus leiophylla</i> DE DOS POBLACIONES NATURALES EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE, TLAXCALA	306
DENSIDAD, RIQUEZA, DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS EN SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA CON DISTINTAS HISTORIAS DE USO DE SUELO	309
CONTENIDO NUTRICIONAL DE POBLACIONES SILVESTRES DE SOTOL (<i>Dasyllirion leiophyllum</i>) EN EL NORESTE DEL ESTADO CHIHUAHUA, MÉXICO	312
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y EFICIENCIA GERMINATIVA EN SEMILLAS DE ÁRBOLES RESINEROS DE <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	315
DIFERENCIAS FISIOLÓGICAS EN LA GERMINACIÓN VINCULADAS A ÉPOCAS DE RECOLECTA DE AGAVE CENIZO (<i>Agave durangensis</i>)	318
ENVEJECIMIENTO ACELERADO DE SEMILLAS DE SAMANDOQUE (<i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel.)	321
EFFECTO DE LA LUZ Y TEMPERATURA EN LA FOTOSÍNTESIS DE <i>Abies religiosa</i> (Kunth Schltdl. et Cham.) EN EL MONTE TLÁLOC	324

DISTRIBUCIÓN Y APTITUD AGROECOLÓGICA, ACTUAL Y FUTURA DE <i>Ebenopsis ebano</i> EN TAMAULIPAS, MÉXICO	327
PROTECCIÓN, MANEJO DEL FUEGO Y SALUD FORESTAL	
EFFECTO DEL FUEGO EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	331
PROCESO OBJETIVO PARA ESTABLECER EL NÚMERO E INTERVALOS DE CLASES EN CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES	334
INCENDIOS FORESTALES RELACIONADOS A LA DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE SUPERFICIES AGROPECUARIAS Y FORESTALES	337
BIOENSAYOS DE INYECCIÓN EN ÁRBOLES COMO ALTERNATIVA PARA ATENDER PROBLEMAS FITOSANITARIOS, NUTRICIONALES E INDUCIR LA PRODUCCIÓN DE LÁTEX Y RESINAS	340
ABUNDANCIA Y RIQUEZA DE LEPIDOPTEROS EN EL SITIO EXPERIMENTAL SAN FELIPE BACALAR	343
DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO DE MUÉRDAGOS Y ROYAS EN ESPECIES FORESTALES DE LA SUBCUENCA CHIGNAHUAPAN-ZACATLÁN, PUEBLA	346
ABUNDANCIA Y RIQUEZA DE CHICHARRITAS (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) EN EL SITIO EXPERIMENTAL SAN FELIPE BACALAR	349
EVALUACIÓN POTENCIAL DE PRESENCIA DEL <i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopkins EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE, MÉXICO	352
IDENTIFICACIÓN DE ORGANISMOS FITOPATÓGENOS EN DOS ESPECIES DE ENCINO (<i>Quercus laurina</i> y <i>Q. arizonica</i>), EN LA LOCALIDAD DE CANOAS, COLIMA	355
PREVENCIÓN Y CONTROL DE <i>Fusarium</i> UTILIZANDO ORGANISMOS BENÉFICOS EN <i>Pinus oocarpa</i>	358
HISTORIAL DE INCENDIOS EN UN BOSQUE DE <i>Abies religiosa</i> Y SU EFECTO EN EL DECAIMIENTO DE LA CALIDAD DEL RODAL	361
MONITOREO DE PLAGAS QUE AFECTAN A LOS CULMOS DE LA ESPECIE DE BAMBÚ <i>Guadua aculeata</i> EN HUEYTAMALCO PUEBLA	364
TECNOLOGÍA Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES	
ANÁLISIS CONTEXTUAL ECONÓMICO PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DEL PRODUCTO FORESTAL NO MADERABLE AGAVE MEZCALERO EN OAXACA	368
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y CONTENIDO DE ACEITE DE FRUTOS DE PIMIENTA GORDA (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill)	371
CARACTERIZACIÓN DEL AGRIETAMIENTO POR SECADO EN CULMOS DE BAMBÚ <i>Guadua aculeata</i> Rupr.	374
ANÁLISIS PROXIMAL DE ESPECIES TROPICALES DEL ESTADO DE YUCATÁN	377
RENDIMIENTO DE ASERRADO EN EL SURESTE DEL ESTADO DE CHIHUAHUA	380

RENTABILIDAD EN LA RECOLECCIÓN DE SEMILLAS DE CEDRO ROJO (<i>Cedrela odorata</i> L.) EN EL EJIDO SAN ANTONIO TUCK, QUINTANA ROO	383
CARACTERIZACIÓN DEL DURAMEN DE MADERAS TROPICALES POR ESPECTROSCOPIA VISIBLE	386
INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA FORESTAL MEXICANA	389
CURVA DE MADUREZ DE LAS TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LA INDUSTRIA FORESTAL MEXICANA	392
EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ORÉGANO MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA SOLAR	395
IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDAD DE NEGOCIO EN TORNO AL JARDÍN ETNOBIOLÓGICO DEL SITIO EXPERIMENTAL SAN FELIPE BACALAR	398

DENSIDAD, RIQUEZA, DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS EN SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA CON DISTINTAS HISTORIAS DE USO DE SUELO

Fernando Arellano-Martín^{1*}, Pedro P. Rosado-Guerrero², Francisco Montoya-Reyes^{1,3},
Xavier García-Cuevas¹, Carlos Sosa-Cervantes⁴, Matilde Cortazar-Ríos¹, Jhibran Ferral-Piña¹

¹Campo Experimental Chetumal, INIFAP; ²Instituto Tecnológico de la Zona Maya;

³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo; ⁴Plant for the Planet, A. C.

*Autor para correspondencia: arellano.fernando@inifap.gob.mx

Palabras clave: Diversidad, incendios, plantaciones.

INTRODUCCIÓN

Analizar la forma en que la historia de uso del suelo influye sobre la sucesión secundaria en bosques tropicales permitirá obtener generalizaciones sobre el futuro de los procesos sucesionales y diseñar estrategias de restauración efectivas para bosques tropicales secundarios (Jakovac *et al.*, 2021). La mayoría de los estudios al respecto se enfocan en usos agropecuarios de suelo (Jakovac *et al.*, 2021); sin embargo, en años recientes la frecuencia y severidad de incendios forestales han incrementado y se espera que continúen haciéndolo en vista de las actuales proyecciones de cambio climático (Scheper *et al.*, 2021). Por lo anterior, este estudio analizó las diferencias en procesos sucesionales en cuanto a densidad, riqueza, diversidad, composición de especies arbóreas y área basal entre áreas de selva mediana subperennifolia, plantaciones abandonadas de cocotero y selva mediana subperennifolia en la que ocurrió un incendio.

OBJETIVO

Evaluar las diferencias en densidad, riqueza, diversidad y composición de especies, y área basal entre tres historias de uso del suelo: selva mediana subperennifolia, plantaciones abandonadas de cocotero y selva mediana subperennifolia afectada por incendio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Sitio Experimental San Felipe Bacalar (SESFB) del INIFAP (18°46' a 18°44' N y 88°20' a 88°19' W; Figura 8) en Bacalar, Quintana Roo. El SESFB abarca 8,000 ha, presenta altitud promedio de 10 msnm y clima cálido subhúmedo con temperatura y precipitación medias anuales de 25.5 °C y 1,260 mm respectivamente. El SESFB alberga suelos de tipo Vertisol, Rendzina, Leptosol y Gleysol. Entre 1998 y 2001 se establecieron 86 ha de plantaciones de cocotero en un área que correspondía originalmente a selva mediana subperennifolia dentro del SESFB (Figura 8), las cuales fueron abandonadas entre 2012 a 2015. Por otra parte, durante 2020, un incendio afectó 220 ha de selva mediana subperennifolia (Figura 8). Se establecieron 18 unidades de muestreo con superficie de 400 m²: cinco en las plantaciones abandonadas de cocotero, siete en el área afectada por el incendio y seis en selva mediana subperennifolia sin disturbios (Figura 8). Dentro de cada unidad de muestreo, se registró la especie y el diámetro normal de todos los tallos de especies arbóreas con diámetro igual o mayor a 7.5 cm. Con la información recabada se calcularon la densidad, riqueza de especies, diversidad inversa de Simpson y de Shannon – Wiener (Oksanen *et al.*, 2022) y área basal en cada sitio de muestreo. Posteriormente, se analizó si las variables de respuesta cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, evaluados mediante pruebas de Shapiro y Bartlett respectivamente considerando un nivel de significancia del 5 %. Ambos supuestos se cumplieron para la riqueza (Shapiro: $p = 0.2797$; Bartlett: $p = 0.5808$), diversidad de Shannon (Shapiro: $p = 0.07637$; Bartlett: $p = 0.08814$) y área basal (Shapiro: $p = 0.1278$; Bartlett: $p = 0.178$). El supuesto de normalidad no se cumplió para densidad ($p = 0.002955$) ni diversidad inversa de Simpson (0.0165). Por consiguiente, se evaluó si las historias de uso de suelo (selva mediana subperennifolia, plantaciones abandonadas de cocotero y área afectada por incendio) diferían estadísticamente en su riqueza, diversidad de Shannon y área basal mediante análisis de varianza, así como si lo hacían en su densidad y su diversidad inversa de Simpson mediante pruebas de Kruskal – Wallis. Todos estos análisis estadísticos se realizaron usando el lenguaje R versión 4.2.2 en la plataforma RStudio versión 2023.6.1.524 considerando una confiabilidad del 95 % y cuando se hallaron diferencias estadísticas significativas se aplicaron pruebas de Tukey, para análisis de varianza, y Dunn, para pruebas de Kruskal - Wallis, con la finalidad de distinguir qué historias de uso de suelo eran diferentes entre sí.

Adicionalmente, se calculó el índice de valor de importancia (Kindt y Coe, 2005) de cada especie y el índice de disimilitud porcentual (Oksanen *et al.*, 2022) entre las historias de uso de suelo.

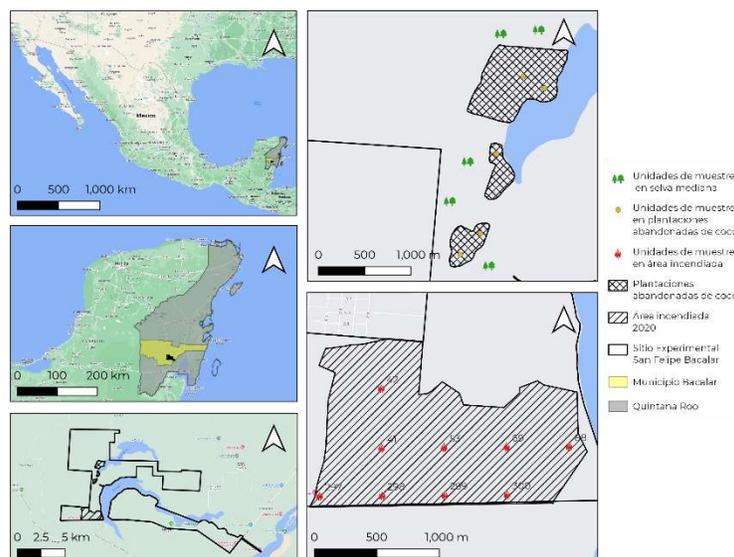


Figura 8. Ubicación de los sitios de muestreo establecidos en el Sitio Experimental San Felipe Bacalar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron un total de 664 individuos pertenecientes a 65 especies. Del total, 45 especies se presentaron en la selva mediana subperennifolia y de ellas, 12 se observaron exclusivamente en esta. Por su parte, las plantaciones abandonadas de cocotero presentaron 31 especies y de esas cuatro se registraron exclusivamente en esta condición. Por último, en el área incendiada en 2020 se registraron 36 especies, de las cuales siete fueron observadas únicamente en esa condición.

La mayor densidad se observó en la selva mediana subperennifolia y la menor en el área afectada por el incendio. La densidad en las plantaciones abandonadas de cocotero fue intermedia respecto de las otras dos historias de uso del suelo ($p < 0.05$; Cuadro 6). La riqueza de especies de la selva mediana subperennifolia fue mayor que la registrada en las plantaciones abandonadas de cocotero y el área incendiada ($p < 0.05$; Cuadro 6). Tanto la diversidad inversa de Simpson como la de Shannon – Wiener fueron mayores en la selva mediana subperennifolia, menores en las plantaciones abandonadas de cocotero e intermedias en el área incendiada ($p < 0.05$; Cuadro 6). No se observaron diferencias estadísticas significativas en el área basal entre las historias de uso del suelo.

Cuadro 6. Promedios de densidad, riqueza de especies, diversidad inversa de Simpson, diversidad de Shannon – Wiener y área basal por historia de uso de suelo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

Historia de uso de suelo	Densidad (individuos por unidad de muestreo) [†]	Riqueza de especies	Diversidad inversa de Simpson [†]	Diversidad de Shannon	Área basal (m ² por unidad de muestreo)
Selva mediana subperennifolia	53.7 a	17.7 a	10.6 a	2.58 a	1.15
Plantaciones abandonadas de cocotero	34.2 ab	10.4 b	5.83 b	1.85 b	0.77
Área incendiada en 2020	24.4 b	10.9 b	6.75 ab	2.10 ab	0.88

Pouteria campechiana (Kunth) Baehni (25.37), *Bursera simaruba* Sarg. (16.9), *Spondias mombin* L. (16.36), *Alseis yucatanensis* Standl. (15.76) y *Cryosophila stauracantha* (Heynh) R. Evans (15.11) fueron las especies con mayor índice de valor de importancia en la selva mediana subperennifolia; mientras que *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. (51.2), *Brosimum alicastrum* Sw. (32.89), *B. simaruba* (32.09), *Cecropia peltata* L. (26.71) y *Cocos nucifera* L. (26.2) lo fueron en las plantaciones abandonadas de cocotero y *B. simaruba* (26.95), *S. mombin* (22.79), *B. alicastrum* (21.83), *P. piscipula* (19.81) y *Sabal yapa* C. Wright. ex Becc. (18.7) lo fueron en el área afectada por el incendio. Por otro lado, la selva mediana subperennifolia presentó una disimilitud del 69 % con las plantaciones abandonadas de cocotero y del 52 % con el área afectada

por el incendio; a su vez, estas últimas mostraron una disimilitud del 57 %. La disimilitud promedio al comparar los sitios sin importar su historia de uso del suelo fue del 80 %.

Las diferencias en densidad de individuos arbóreos (Cuadro 1) son consistentes con la edad sucesional de los sitios, que es mayor en las plantaciones abandonadas de cocotero (7 a 11 años de abandono) que en el área afectada por el incendio (3 años desde el incendio). Los patrones de diversidad entre las historias de uso de suelo corresponden con la hipótesis del disturbio intermedio, que postula mayor diversidad de especies ante disturbios moderados (Begon y Townsend, 2021). Dependiendo de la intensidad, puede sobrevivir un mayor o menor número de árboles cuando ocurre un incendio (Scheper *et al.*, 2021). En contraste, el establecimiento de plantaciones de cocotero implica el derribo total de los árboles presentes en el área. Así, en este estudio los incendios representan un disturbio más moderado, lo que también se refleja en su menor disimilitud con la selva (57 %) en comparación con las plantaciones abandonadas de cocotero (69 %), y por consiguiente el área afectada por el incendio exhibe una diversidad intermedia respecto de las plantaciones abandonadas de cocotero y la selva mediana subperennifolia (Cuadro 1). Aun cuando el área afectada por el incendio y las plantaciones abandonadas de cocotero no difirieron estadísticamente en su riqueza de especies (Cuadro 1); presentaron una disimilitud del 57 %, lo que indica vías sucesionales distintas ante diferentes historias de uso de suelo (Jakovac *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

La historia del uso del suelo afecta el curso de la sucesión secundaria en términos de densidad, riqueza, diversidad y composición de especies arbóreas. En plantaciones abandonadas de cocotero se establece una comunidad menos diversa. En caso de restaurarse, se debieran aplicar estrategias distintas para cada historia de uso de suelo: en las plantaciones abandonadas de cocotero se recomienda una restauración activa enfocada en incrementar la diversidad, mientras que en el área afectada por el incendio se puede optar por una estrategia de manejo silvícola que favorezca la regeneración natural.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

A Martín y Rufino Rojas Jiménez y Francisco Javier Ku Cetz por su apoyo durante el muestreo. A José Luis Tapia Muñoz por identificar algunas de las especies. A Plant for the Planet, A. C. por proveer el financiamiento y hospedar a Pedro P. Rosado Guerrero durante los muestreos.

REFERENCIAS

- Begon, M., y Townsend, C. R. (2021). *Ecology from individuals to ecosystems* (Quinta Edición). John Wiley y Sons Ltd.
- Jakovac, C. C., Junqueira, A. B., Crouzeilles, R., Peña-Claros, M., Mesquita, R. C. G., y Bongers, F. (2021). The role of land-use history in driving successional pathways and its implications for the restoration of tropical forests. *Biological Reviews*, 96, 1114–1134.
- Kindt, R., y Coe, R. (2005). *Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*. <http://www.worldagroforestry.org/output/tree-diversity-analysis>
- Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Lahti, L., McGlenn, D., Ouellete, M., Ribeiro-Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Teer Braak, C., Weedon, J. (2022). *vegan: Community Ecology Package* (2.6-2). <https://cran.r-project.org/package=vegan>
- Scheper, A. C., Verweij, P. A., y van Kuijk, M. (2021). Post-fire forest restoration in the humid tropics: a synthesis of available strategies and knowledge gaps for effective restoration. *Science of the Total Environment*, 771, 144647.