



ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL
DE LA USC

Arturo del Carmen
Batista De Gracia

Tesis doctoral

Evaluación de la Incidencia del Ciclo ENOS en la Distribución Potencial, Nicho Ecológico, y Riesgo de Establecimiento de Algunas Especies del Género *Anastrepha* Spp, de Importancia Hortofrutícola en el Neotrópico y Panamá.

Santiago de Compostela, 2025

TESIS DOCTORAL

**EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL
CICLO ENOS EN LA DISTRIBUCIÓN
POTENCIAL, NICHOS ECOLÓGICOS, Y
RIESGO DE ESTABLECIMIENTO DE
ALGUNAS ESPECIES DEL GÉNERO
ANASTREPHA SPP, DE IMPORTANCIA
HORTOFRUTÍCOLA EN EL NEOTRÓPICO
Y PANAMÁ.**

Autor

Arturo del Carmen Batista De Gracia

Directores: Dr. Mariano Altamiranda Saavedra (Universidad Nacional de Colombia)

Dr. Anovel Amet Barba Alvarado (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá)

Tutor: Dr. Agustín Merino (Universidad de Santiago de Compostela, España)

PROGRAMA DE DOCTORADO EN AGRICULTURA Y MEDIOAMBIENTE PARA EL DESARROLLO

SANTIAGO DE COMPOSTELA / LUGO (ESPAÑA)

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a DIOS, porque gracias a él, y con mente positiva pude lograr mis metas.

A mi Familia, esposa, hijos que me acompañaron en esta etapa de mi vida

A la memoria de mi padre y madre, que al comenzar este trabajo de investigación estaban conmigo y al llegar a la etapa final, no estaban, han partido al descanso eterno.

A todas las personas que creyeron en mí, gracias por estar.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, darles gracias a Dios, que me ha permitido la vida para terminar este trabajo con mucha dedicación y esfuerzo personal.

A mis padres, por enseñarme a dar mis primeros pasos en la vida

A mi familia, esposa, hijos, gracias por soportar mis tiempos de estudio y comprender mi dedicación académica. Un Abrazo

A mis directores de tesis Mariano Altamiranda Saavedra y Anovel Barba Alvarado, por estar en cada paso de este trabajo, coautores, sus comentarios, consejos, tiempo, dedicación, anécdotas, les agradezco enormemente.

A mis coautores en los artículos Randy Atencio Valdespino y Julián Ávila Jiménez un millón de gracias por sus aportes, que enriquecieron este trabajo de tanta importancia para mi país y el mundo.

A mi tutor académico Agustín Merino por todos sus aportes académicos en este trabajo

A mis colaboradores de la Institución donde laboro, agradecimientos por todo su apoyo a lo largo de este trabajo

A mi Institución de trabajo IDIAP, por su comprensión y colaboración en este estudio doctoral

De igual manera a la entidad financiadora IFARHU- SENACYT por confiar en el talento nacional y fortalecer las investigaciones innovadoras en beneficio del país.

A todos los que estuvieron ahí, con sus grandes y pequeños aportes un millón de gracias.

Bendiciones

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABLAS	IV
LISTA DE ABREVIATURAS	V
RESUMEN GENERAL	- 5 -
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	- 8 -
1.1 Variabilidad climática.....	- 8 -
1.2 Modelos de nicho ecológico (MNE).....	- 8 -
1.3 Genero <i>Anastrepha</i>	- 8 -
1.4 Importancia de la Hortofruticultura en América.	- 10 -
2. PROBLEMA GENERAL	- 11 -
3. JUSTIFICACIÓN	- 11 -
4. OBJETIVOS GENERAL	- 11 -
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 11 -
5. CAPITULO I.....	- 13 -
TENDENCIAS EN MODELADO DE NICHOS Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE INSECTOS EN LA AGRICULTURA AMERICANA: UN ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO ..	- 13 -
5.1 RESUMEN.....	- 13 -
5.2 INTRODUCCIÓN.....	- 15 -
5.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 16 -
5.3.1 Análisis Bibliométrico	- 16 -
5.3.2 Revisión Sistemática.....	- 16 -
5.4 RESULTADOS.....	- 18 -
5.5 DISCUSIÓN.....	- 21 -
5.6 CONCLUSIÓN.....	- 24 -
6. CAPITULO II.....	- 26 -
EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CICLO ENOS SOBRE EL POTENCIAL DE DISTRIBUCIÓN DE ALGUNAS ESPECIES DEL GÉNERO <i>ANASTREPHA</i> DE IMPORTANCIA HORTOFRUTÍCOLA EN EL NEOTRÓPICO Y PANAMÁ.....	- 26 -
6.1 RESUMEN.....	- 26 -
6.2 INTRODUCCIÓN.....	- 28 -

6.3 MATERIALES Y MÉTODOS	- 30 -
6.3.1 Área de estudio	- 30 -
6.3.2 Registro de presencias.....	- 31 -
6.3.3 Datos climáticos	- 32 -
6.3.4 Construcción de los modelos	- 33 -
6.3.5 Análisis del espacio geográfico	- 34 -
6.4 RESULTADOS	- 34 -
6.4.1 Distribución potencial en el neotrópico	- 35 -
6.4.2 Distribución potencial en Panamá	- 39 -
6.4.3 Análisis de paridad orientado al movimiento (MOP)	- 40 -
6.4.4 Análisis de los cambios en la idoneidad ambiental en diferentes episodios	- 41 -
6.5 DISCUSIÓN	- 44 -
6.6 CONCLUSIÓN	- 48 -
7.CAPÍTULO III	- 50 -
INCIDENCIA DEL CICLO EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS) SOBRE EL NICHOS FUNDAMENTAL EXISTENTE, SOLAPAMIENTO AMBIENTAL Y RIESGO DE ESTABLECIMIENTO DE ALGUNAS ESPECIES DE ANASTREPHA (DIPTERA-TEPHRITIDAE) DE IMPORTANCIA HORTOFRUTÍCOLA EN EL NEOTRÓPICO Y PANAMÁ	- 50 -
7.1. RESUMEN.....	- 50 -
7.2 INTRODUCCIÓN.....	- 52 -
7.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 54 -
7.3.1 Área de Investigación	- 54 -
7.3.2 Presencia de especies	- 54 -
7.3.3 Datos climáticos	- 54 -
7.3.4 Caracterización del nicho fundamental existente.....	- 55 -
7.3.5 Mapas de riesgo de establecimiento.....	- 56 -
7.4 RESULTADOS.....	- 57 -
7.4.1 Nicho fundamental	- 57 -
7.4.2 Comparación entre las especies.....	- 58 -
7.4.3 Mapas de riesgo en el neotrópico	- 59 -
7.4.4 Mapas de riesgo en Panamá	- 61 -
7.5 DISCUSIÓN.....	- 63 -
7.6 CONCLUSIÓN.....	- 66 -

8. DISCUSIÓN GENERAL	- 68 -
9. CONCLUSIÓN GENERAL	- 73 -
10. BIBLIOGRAFÍA	- 76 -
11. LISTA DE ANEXOS	- 101 -
11.1. Listado de las publicaciones en la tesis	- 102 -

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1-----Identificación de especies de <i>Anastrepha</i>	9
Figura 2----- Mapa de potenciales áreas para la Hortofruticultura en Panamá...	10
Figura 3-----Información de búsqueda para la base de datos.....	18
Figura 4-----Red de interacción temática en modelación de nicho de insectos...	19
Figura 5-----Redes de colaboración en producción científica.....	20
Figura 6-----Mapa del área de estudio de los modelos de distribución potencial.	31
Figura 7-----Distribución potencial de <i>Anastrepha grandis</i>	36
Figura 8-----Distribución potencial de <i>Anastrepha serpentina</i>	37
Figura 9-----Distribución potencial de <i>Anastrepha obliqua</i>	38
Figura 10-----Distribución potencial de <i>Anastrepha striata</i>	39
Figura 11-----Distribución de <i>Anastrepha</i> en Panamá.....	40
Figura 12-----Análisis de cambios en los rangos de expansión, no ocupación, no cambio y contracción de las especies de <i>Anastrepha</i>	43
Figura 13-----Modelos de nicho ecológico para especies de <i>Anastrepha</i>	58
Figura 14-----Modelos de nicho ecológico y solapamiento entre especies.....	59
Figura 15-----Mapas combinados de riesgo de establecimiento en el neotrópico.	60
Figura 16-----Mapas combinados de riesgo de establecimiento en Panamá	62

LISTA DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1-----Aspectos biológicos y ecológicos de especies estudiadas.....	9
Tabla 2-----Porcentaje de orden de insectos más estudiados	21
Tabla 3-----Modelos seleccionados según criterios estadísticos.....	35
Tabla 4-----Porcentaje de idoneidad en el neotrópico para cada especie de <i>Anastrepha</i>	44

LISTA DE ABREVIATURAS

USC	-----	Universidad de Santiago de Compostela
UNP	-----	Universidad Nacional de Panamá
TdeA	-----	Tecnológico de Antioquia
UA	-----	Universidad de Antioquia
UTC	-----	Universidad Técnica de Cotopaxi
IDIAP	-----	Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá
MIDA	-----	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
IFARHU	-----	Instituto para la formación y aprovechamiento de los recursos humanos
SENACYT	-----	secretaria de Nacional de Ciencia y Tecnología
ENOS	-----	El Niño Oscilación del Sur
MNE	-----	Modelos de nicho ecológico
MDE	-----	Modelos de distribución de especies
GBIF	-----	Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad
CABI	-----	Centro Internacional de Agricultura y Biociencias
Km ²	-----	Kilómetros cuadrados
ha ⁻¹	-----	Hectáreas
MaxEnt	-----	Máxima Entropía
MOP	-----	Movilidad orientada a la paridad
LST	-----	Temperatura superficial del suelo
EVI	-----	Índice de vegetación mejorado
NDVI	-----	Índice de vegetación de diferencia normalizada
PRECIP	-----	Precipitación en tiempo real
M	-----	Área de calibración
Min	-----	Mínimo
TCA	-----	Tasa de crecimiento anual
Max	-----	Máximo

NOAA-----Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
AOLM-----Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico
TSM-----Temperatura superficial del mar
MIP-----Manejo integrado de plagas
WWF-----Fondo Mundial para la Naturaleza
PCA-----Análisis de componentes principal

RESUMEN

La variabilidad climática, es importante porque afecta la producción de alimentos, la salud humana y el medio ambiente. En los últimos años esta variabilidad, provoca fluctuaciones de los componentes del clima (temperatura y precipitación), principalmente durante lapsos determinados, los cuales pueden ser tan desiguales como afectar periodos desde algunos días hasta décadas.

El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en el centro y este del océano pacífico tropical, en periodos que van de unos tres a siete años, pero recientemente estos patrones están fluctuando en tiempos más cortos. Los modelos de nicho ecológico son importantes porque permiten hacer inferencias sobre la distribución potencial de especies, permitiendo identificar áreas con preferencias para la conservación, restauración, medidas de control, prevención y gestión de la contaminación ambiental como es en el caso de los insectos limitantes en cultivos. Estos insectos como el caso de los mocos del género *Anastrepha*, producen pérdidas económicas en los cultivos agrícolas alrededor del mundo, por lo cual es necesario proponer e implementar metodologías novedosas que permitan, mejorar los planes de control preventivo en el mundo.

Con la ejecución de esta investigación de tesis Doctoral titulada **Evaluación de la Incidencia del Ciclo ENOS en la Distribución Potencial, Nicho Ecológico, y Riesgo de Establecimiento de Algunas Especies del Género *Anastrepha* spp, de Importancia Hortofrutícola en el Neotrópico y Panamá**, fortaleceremos las tomas de decisiones en las políticas económicas y seguridad alimentaria, con planes preventivos en el control de especies insectiles en América.

El objetivo principal de esta tesis fue la generación de modelos de distribución potencial, nicho ecológico y riesgo de establecimiento de cuatro especies del género *Anastrepha* de importancia hortofrutícola en el Neotrópico y Panamá.

Este estudio se estructura en 3 capítulos. El primer capítulo, **Tendencias en Modelado de Nicho y Distribución Potencial de Insectos en la Agricultura Americana: Un Estudio Bibliométrico**. Un enfoque aplicado, donde se busca comprender cual es el estado del arte de este tipo de enfoques metodológicos usando como grupo modelo insectos de importancia agrícola en el continente americano, enfatiza la importancia de las colaboraciones de investigaciones americanas con el mundo y el manejo de la información en las técnicas y formas de modelado.

El segundo Capítulo, **Evaluación del efecto del ciclo ENOS sobre la distribución potencial de algunas especies del género *Anastrepha* de importancia hortofrutícola en el Neotrópico y Panamá**, desarrolla el primer objetivo donde se diseñaron modelos de distribución potencial de las cuatro especies del género *Anastrepha*, que más influyen a nivel cuarentenario en las políticas de exportación en América.

El tercer capítulo **Incidence del ciclo ENOS sobre el nicho fundamental existente y riesgo de establecimiento de algunas especies de *Anastrepha* (Diptera-Tephritidae) de importancia hortofrutícola en el Neotrópico y Panamá**, desarrolla el segundo y tercer objetivo, donde se informa como las diferentes especies de *Anastrepha* fluctúan en el espacio ambiental y nos muestran el riesgo de establecimiento de estas especies en todo el neotrópico.

Estos capítulos de la tesis doctoral, proporcionan información de mucha importancia para las instituciones y personas que toman decisiones en el campo de las políticas, ambientales, económicas y productivas en beneficio de las investigaciones en América.

Palabras clave: Variabilidad climática, ENOS, modelos de nicho, hortofrutícola, *Anastrepha*

RESUMO

A variabilidade climática é importante porque afecta á produción de alimentos, á saúde humana e ao medio ambiente. Nos últimos anos, esta variabilidade provocou fluctuacións nos compoñentes climáticos (temperatura e precipitacións), principalmente durante períodos específicos. Estas fluctuacións poden variar desde uns poucos días ata décadas. O fenómeno de El Niño-Oscilación do Sur (ENOS) é un patrón climático recorrente que implica cambios na temperatura da auga no océano Pacífico tropical central e oriental durante períodos que van dende tres a sete anos. Non obstante, recentemente, estes patróns fluctuaron durante períodos máis curtos. Os modelos de nicho ecolóxico son importantes porque permiten facer inferencias sobre a distribución potencial das especies, o que permite identificar áreas con preferencias para a conservación, a restauración, as medidas de control, a prevención e a xestión da contaminación ambiental, como é o caso dos insectos limitantes dos cultivos. Estes insectos, como os mosquitos *Anastrepha*, causan perdas económicas aos cultivos agrícolas de todo o mundo, o que fai necesario propoñer e implementar metodoloxías innovadoras que permitan mellorar os plans de control preventivo en todo o mundo.

Coa execución desta tese doutoral titulada **Avaliación da incidencia do ciclo ENOS na distribución potencial, nicho ecolóxico e risco de establecemento dalgunhas especies do xénero *Anastrepha* spp, de importancia hortícola no Neotrópico e Panamá**, fortaleceremos a toma de decisións en políticas económicas e seguridade alimentaria, con plans preventivos para o control de especies de insectos en América. O obxectivo principal desta tese foi xerar modelos de distribución potencial, nicho ecolóxico e risco de establecemento de catro especies do xénero *Anastrepha* de importancia hortícola no Neotrópico e Panamá.

Este estudo estrutúrase en tres capítulos. O primeiro capítulo, "**Tendencias na modelización de nicho e distribución potencial de insectos na agricultura americana: un estudo bibliométrico**, unha abordaxe aplicada", busca comprender o estado da arte deste tipo de abordaxe metodolóxica utilizando insectos de importancia agrícola nas Américas como grupo modelo. Salienta a importancia das colaboracións de investigación americanas con outros países e a xestión da información nas técnicas e métodos de modelización.

O segundo capítulo, **Avaliación do efecto do ciclo ENOS na distribución potencial dalgunhas especies do xénero *Anastrepha* de importancia hortícola no Neotrópico e Panamá**, desenvolve o primeiro obxectivo onde se deseñaron modelos de distribución potencial para as catro especies do xénero *Anastrepha*, que máis inflúen nos niveis de corentena nas políticas de exportación en América.

O terceiro capítulo, **Influencia do ciclo ENOS no nicho fundamental existente e o risco de establecemento dalgunhas especies de *Anastrepha* (Diptera-Tephritidae) de importancia hortícola no Neotrópico e en Panamá**, desenvolve o segundo e o terceiro obxectivos, informando de como as diferentes especies de *Anastrepha* flutúan no espazo ambiental e mostrando o risco de que estas especies se establezan en todo o Neotrópico.

Estes capítulos da tese doutoral proporcionan información moi importante para as institucións e as persoas que toman decisións nos campos das políticas ambientais, económicas e produtivas que benefician a investigación nas Américas.

Palabras chave: Variabilidade climática, ENSO, modelos de nicho, horticultura, *Anastrepha*.

ABSTRACT

Climate variability is important because it affects food production, human health, and the environment. In recent years, this variability has caused fluctuations in climate components (temperature and precipitation), primarily over specific periods. These fluctuations can range from a few days to decades. The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is a recurring climate pattern that involves changes in water temperature in the central and eastern tropical Pacific Ocean over periods ranging from three to seven years. However, recently, these patterns have been fluctuating over shorter periods. Ecological niche models are important because they allow inferences to be made about the potential distribution of species, enabling the identification of areas with preferences for conservation, restoration, control measures, prevention, and management of environmental pollution, as is the case with crop-limiting insects. These insects, such as the *Anastrepha* midges, cause economic losses to agricultural crops around the world, making it necessary to propose and implement innovative methodologies that allow for improved preventive control plans worldwide.

Contributing with this Doctoral thesis research entitled **Evaluation of the Incidence of the ENSO Cycle on the Potential Distribution, Ecological Niche, and Risk of Establishment of Some Species of the Genus *Anastrepha* spp, of Horticultural Importance in the Neotropics and Panama**, we will strengthen decision-making in economic policies and food security, with preventive plans in the control of insect species in America. The main objective of this thesis was the generation of models of potential distribution, ecological niche and risk of establishment of four species of the genus *Anastrepha* of fruit and vegetable importance in the Neotropics and Panama.

This study is structured in three chapters. The first chapter, **Trends in Niche Modeling and Potential Distribution of Insects in American Agriculture: A Bibliometric Study, An applied approach,** seeks to understand the state of the art of this type of methodological approach using insects of agricultural importance in the Americas as a model group. It emphasizes the importance of American research collaborations with other countries and the management of information in modeling techniques and methods.

The second Chapter, **Evaluation of the effect of the ENSO cycle on the potential distribution of some species of the *Anastrepha* genus of horticultural importance in the Neotropics and Panama**, develops the first objective where potential distribution models were designed for the four species of the *Anastrepha* genus, which most influence quarantine levels in export policies in America.

The third chapter, **Influence of the ENSO cycle on the existing fundamental niche and the risk of establishment of some *Anastrepha* species (Diptera-Tephritidae) of horticultural importance in the Neotropics and Panama**, develops the second and third objectives, reporting how the different *Anastrepha* species fluctuate in the environmental space and showing the risk of these species establishing themselves throughout the Neotropics.

These chapters of the doctoral thesis provide highly important information for institutions and individuals who make decisions in the fields of environmental, economic, and productive policies that benefit research in the Americas.



Keywords: Climate variability, ENSO, niche models, fruit and vegetable garden, *Anastrepha*

RESUMEN GENERAL

RESUMEN GENERAL

La variabilidad climática, producida por el cambio climático es una realidad, que incide en todas las actividades del diario vivir, motivo por el cual es importante crear conciencia a todos los niveles. El sector agrícola a nivel mundial, es una de las áreas con mayor relevancia para el sostenimiento de la supervivencia humana, el cual con el avance del nuevo milenio afronta diversos retos, que se encuentran relacionados en varios de los objetivos de desarrollo sostenible ambiental, esto plantea que las políticas públicas agrícolas tienen dos grandes desafíos en este siglo que son lo referente a seguridad alimentaria y reducción del impacto ambiental. Por esto se plantea, que la variabilidad climática y su impacto en la sostenibilidad agrícola en los países tropicales debe ser uno de los focos más importantes para tener en cuenta, durante el proceso de formulación de políticas públicas agrarias en los países ubicados en el trópico. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es una de las fuentes más importantes de variabilidad climática anual en todo el mundo, superada tan solo por la relación entre la Tierra y el Sol que determina las estaciones. El Niño y su contraparte La Niña, están asociados a unos patrones característicos de precipitaciones y temperaturas, que pueden incluir fenómenos extremos como sequías e inundaciones.

En la actualidad, existe cada vez un mayor interés por conocer y aplicar modelos de nichos ecológicos para la solución de diversos problemas biológicos, lo que ha resultado en un incremento en el número de estudios que aplican este enfoque. Existe en la literatura una profunda revisión de los conceptos de nicho, sin embargo, Hutchinson (1957) propuso que el nicho ecológico es una propiedad directa de las especies y que representa “todas aquellas condiciones óptimas en el hipervolumen n-dimensional (condiciones bióticas y abióticas) en las cuales la especie puede y podría lograr su desarrollo y subsistencia”. Bajo esta perspectiva, Hutchinson distinguió dos tipos de nicho: (1) el nicho fundamental, representado por todas las condiciones abióticas en el que una especie potencialmente podría vivir, y (2) el nicho efectivo u observado, definido como aquella fracción del hipervolumen en la cual las especies realmente se restringen debido a la presencia de interacciones bióticas con otras especies. Para entender el funcionamiento de los modelos de nicho ecológico, es necesario saber que estos modelos se desarrollan en dos espacios: 1) un espacio geográfico (bidimensional) y 2) un espacio ecológico o ambiental (multidimensional). Al hablar de presencias de especies insectiles en este contexto, tanto beneficiosos como perjudiciales, es un factor importante en la producción agrícola de cada

país y al menos siete especies del género *Anastrepha* se consideran plagas de gran importancia económica debido a que atacan a frutas cultivadas muy importantes a lo largo de la geografía mundial, pero en este estudio seleccionamos 4 especies por sus características de colonización en hospederos naturales y selectivos, además de su expansión en gran parte del neotrópico.

Con estas premisas desarrollamos esta investigación donde se presentan; **Capítulo 1. Tendencias en Modelado de Nicho y Distribución Potencial de Insectos en la Agricultura Americana: Un Estudio Bibliométrico.** La colaboración entre centros, universidades y países aunado a las referencias y métodos de investigaciones específicas en la temática de nicho ecológico son de suma importancia, ya que permitirán la creación de planes preventivos que mitigarán las afectaciones antropogénicas, en beneficio de los sistemas productivos en el mundo. **Capítulo 2. (Objetivo 1) Evaluación del efecto del ciclo ENOS sobre la distribución potencial de algunas especies del género *Anastrepha* de importancia hortofrutícola en el Neotrópico y Panamá.** Se realizó un análisis de 370 registros de presencias entre *Anastrepha grandis*, *A. serpentina*, *A. obliqua*, *A. striata*, con métricas estadísticas de rendimiento en los modelos y 16 variables bioclimáticas., Se obtuvieron un total de 3,472 modelos candidatos para cada especie, donde se seleccionó el mejor modelo aplicando las métricas de rendimiento estadístico, encontramos una amplia distribución (áreas adecuadas) de estas especies en el neotrópico. **Capítulo 3. (Objetivos 2 y 3). Incidencia del ciclo El Niño-Oscilación del Sur sobre el nicho fundamental existente y riesgo de establecimiento de algunas especies de *Anastrepha* (Diptera-Tephritidae) de importancia hortícola en el Neotrópico y Panamá.** Para comparar el espacio ambiental de las cuatro especies de *Anastrepha* en diferentes episodios ENOS, construimos elipsoides de volumen mínimo con el software NicheA; mostrando cambios en el nicho fundamental en los diferentes episodios, además, al realizar una comparación entre las especies de *Anastrepha* y los diferentes episodios climáticos ENOS, encontramos que comparten una gran similitud ambiental entre sí. Al construir los mapas combinados de riesgo de establecimiento de estas especies identificamos áreas con alto riesgo de establecimiento en el neotrópico y Panamá, por lo antes expuesto podemos contribuir con el diseño de planes de control en un manejo integrado de plagas. Este trabajo es importante tanto en la comunidad científica como en la técnica ya que permite direccionar políticas económicas y ambientales, crear sistemas de alerta temprana, mitigar los impactos de estas especies plaga en las economías hortofrutícolas y contribuir a mejorar la economía social y la seguridad alimentaria en el mundo.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Variabilidad climática.

En los últimos años, el mundo está sufriendo grandes cambios provocados por acciones antropogénicas que cada día, provocan fenómenos climáticos a corto plazo [1] estas fluctuaciones del clima, afectan a la salud, agricultura, la vivienda, la seguridad y el trabajo [2] generando problemas de seguridad alimentaria y afectar los indicadores macroeconómicos en todos los países [3, 4]. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno natural que involucra temperaturas oceánicas fluctuantes en el Pacífico ecuatorial [5]. Con una variación de 2 a 7 años, el ciclo ENOS es la forma predominante de variabilidad en el Océano Pacífico [6, 7]. Esta variabilidad ocasiona incertidumbres en los agroecosistemas productivos (frutales y hortalizas), provocando, tensiones sociales y el desarrollo oportuno de técnicas investigativas sobre la temática fortalecerán las políticas ambientales en el planeta [6, 8].

1.2 Modelos de nicho ecológico (MNE).

Entre los métodos, más empleados en este siglo, para evaluar la incidencia de las variaciones climáticas en los patrones de distribución de las especies, están los modelos de nicho ecológico (MNE), y modelos de distribución de especies (MDE) [9, 10]. Que además son empleados en múltiples áreas del conocimiento, como el manejo de plagas invasoras, la conservación, epidemiología, salud humana e identificación de potenciales áreas para cultivos [11, 12]. Con estos argumentos, los estudios en estos métodos se actualizan y evolucionan constantemente [11].

1.3 Genero *Anastrepha*.

Existen siete especies del género *Anastrepha*, consideradas económicamente importantes en el mundo, afectando severamente la producción hortofrutícola en todos los continentes [13]. Y los daños causados pueden ser devastadores para la fruta y su comercialización causando pérdidas hasta en un 90% de la cosecha [14, 15]. En este trabajo de investigación nos enfocaremos, en las especies *Anastrepha grandis*, *A. serpentina*, *A. obliqua* y *A. striata*, por su gran cantidad de hospederos, daños a la fruta, algunas especies son polífagas y a la importancia económica que proyecta su distribución en la región de estudio [16] (Figura 1; Tabla 1).



Figura 1. Identificación de especies de *Anastrepha*. [23]

Tabla 1. Aspectos biológicos y ecológicos de las especies estudiadas. [16]

Especies	<i>Anastrepha grandis</i>	<i>Anastrepha serpentina</i>	<i>Anastrepha obliqua</i>	<i>Anastrepha striata</i>
Biología Ciclo	Huevos: 3 - 7 días Larvas: 13 - 28 días Pupa: 14 - 23 días Adulto: 53 días	Huevos: 2 - 5 días Larvas: 8 - 13 días Pupa: 13 - 17 días Adulto: 33 días	Huevos: 1-3 días Larvas: 5 - 10 días Pupa: 13 - 19 días Adulto: 31 días	Huevos: 1-5 días Larvas: 5 - 13 días Pupa: 14 - 27 días Adulto: 39 días
Requerimientos Térmicos	15 °C a 30 °C	10 °C a 25 °C	10 °C a 30 °C	10 °C a 33 °C
Umbrales Fisiológicos	Oviposición hasta 110 huevos Pupas a profundidad de 1 a 2 cm Abundancias en rangos de 1000 a 1500 msnm	Oviposición hasta 90 huevos Pupas a profundidad de 1 a 2 cm Abundancias en rangos de 0 a 500 msnm	Oviposición hasta 100 huevos Pupas a profundidad de 1 a 2 cm Abundancias en rangos de 0 a 500 msnm	Oviposición hasta 90 huevos Pupas a profundidad de 1 a 2.5 cm Abundancias en rangos de 0 a 1500 msnm
Interacciones ecológicas	Cucurbitaceae (Cultivos) melón, sandía o patilla, ahuyama, pepino cohombro, calabaza, calabacín H. naturales- oligofagas	Sapotacea (Cultivos frutales) zapote, caimito, níspero, canistel y lúcuma H. naturales- es polífaga	Anacardiaceae (Cultivos frutales) Mango, pistacho, anacardo y ciruelas (H. naturales) H. naturales-es polífaga	Myrtaceae (Cultivos frutales) Guayaba, Manzana rosa, Pitanga, Manzana de agua, y Arazá H. naturales-es polífaga
Control	Preventivo (manual) (trampas con feromonas) Químico (insecticidas) Biológico (Hongos- moscas estériles) Depredadores (Hymenoptera, Orthoptera)	Preventivo (manual) (trampas con feromonas) Químico (insecticidas) Biológico (Hongos- moscas estériles) Depredadores (Hymenoptera, Orthoptera)	Preventivo (manual) (trampas con feromonas) Químico (insecticidas) Biológico (Hongos- moscas estériles) Depredadores (Hymenoptera, Orthoptera)	Preventivo (manual) (trampas con feromonas) Químico (insecticidas) Biológico (Hongos- moscas estériles) Depredadores (Hymenoptera, Orthoptera)

2. PROBLEMA GENERAL

En la última década, la variabilidad en los episodios del ENOS, aunado al aumento poblacional de plagas insectiles, están limitando el desarrollo de las actividades hortofrutícolas en el mundo. La falta de información en estudios de modelación, alertas cuarentenarias y el aumento en los costos de producción son problemas que afectan a la economía mundial en todas las cadenas productivas.

3. JUSTIFICACIÓN

Contribuir con la competitividad y sostenibilidad de los sistemas productivos hortofrutícolas y las principales cadenas agroalimentarias en el neotrópico y Panamá, con la generación de modelos: que contribuyan a obtener mejor información, generando bases de datos robustas para mejorar el manejo eficiente de los cultivos, además estos modelos permiten identificar áreas de mayor riesgo de infestación lo cual facilita la propuesta de estrategias de control, fomentando el uso práctico de métodos de control biológico y que permiten anticipar la posible llegada o expansión geográfica de los insectos plagas, lo que repercute en beneficio de la sociedad y la seguridad alimentaria.

4. OBJETIVOS GENERAL

Evaluar la incidencia del ciclo ENOS en la distribución potencial, nicho ecológico y riego de establecimiento de algunas especies del género *Anastrepha spp* (Diptera-Tephritidae) de importancia hortofrutícola en el Neotrópico y Panamá.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.1.1. Evaluar la incidencia del ciclo ENOS en la distribución potencial de algunas especies del género *Anastrepha spp* de importancia hortofrutícola en el neotrópico y Panamá.

4.1.2. Caracterizar el nicho fundamental existente de algunas especies de *Anastrepha spp* de importancia hortofrutícola en el neotrópico y Panamá y su posible solapamiento en escenarios de variabilidad climática del ENOS

4.1.3. Evaluar el riesgo potencial en el establecimiento de algunas especies de *Anastrepha spp* de importancia hortofrutícola en el neotrópico y Panamá bajo escenarios de variabilidad climática del ENOS

**5. CAPÍTULO I
TENDENCIAS EN MODELADO DE
NICHOS Y DISTRIBUCIÓN
POTENCIAL DE INSECTOS EN LA
AGRICULTURA AMERICANA: UN
ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO**

Artículo sometido a publicación en la revista
científica *Journal of Animal Behaviour
and Biometeorology*

5. CAPITULO I.

TENDENCIAS EN MODELADO DE NICHO Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE INSECTOS EN LA AGRICULTURA AMERICANA: UN ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO

5.1 RESUMEN

Los modelos de nicho ecológico (MNE) y los modelos de distribución de especies (MDE) se utilizan comúnmente en estudios teóricos y aplicados en ecología y biogeografía. Los MNE estiman los espacios ambientales que ocupan las especies y MDE representan la idoneidad ambiental en el espacio geográfico. Desde la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación; Organización Mundial de la Salud (FAO; OMS) en su guerra contra el hambre y mantener la seguridad alimentaria en América y el mundo, se impulsa el consumo de frutas, lo que ha llevado a la instauración de estrategias, programas y proyectos a nivel nacional e internacional para aumentar las producciones, mejorar la calidad de la nutrición en todos los países. En el campo de la agricultura se ha incrementado el interés por parte de diversos equipos de investigadores, por generar usos potenciales y aplicaciones de MNE y MDE para producir ciencia, con diferentes enfoques como los estudios bibliométricos y análisis de revisión en poblaciones de especies consideradas plagas. En este trabajo analizamos investigaciones sistematizada de literatura en Dimensions (metabuscador), empleando combinaciones de palabras como “Insects”, “Agriculture” y “Niche Modelling”, el periodo cubierto en la búsqueda fue del 2000 al 2024. Se descargaron archivos en formato csv con toda la información adquirida mediante la búsqueda y posteriormente se analizaron con el software VOSviewer versión 1.6.20, encontrado una amplia colaboración en el mundo con países americanos y datos exploratorios en la temática, en cuanto artículos y citas que están en constante crecimiento. Además de una búsqueda sistemática siguiendo las directrices establecidas por el método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), que estandariza la recopilación de información de estudios. Para la compilación de los estudios se empleó una estrategia de búsqueda en bases de datos como Web Of

Science (WOS), Scopus y Google Académico, considerando este último necesario para acceder a fuentes no indexadas en las bases mencionadas. Una búsqueda adicional en Dimensions permitió descartar la posibilidad de que faltaran artículos en la búsqueda de Google Scholar. Se utilizó palabras claves "Insects", "Agriculture", and "Niche Modelling", así como la combinación de estos términos, luego se realizó un web scraping a cada set de resultados en las bases de datos consultadas con el software Publish or Perish, el cual genera una base de datos en formato CSV para su uso en Excel. Posteriormente, se depuro manualmente la base de datos eliminando duplicados y descartando artículos no relacionados a la temática de modelos de nicho ecológico, con impactos a la agricultura, por parte de especies insectiles ante la variabilidad climática. Esta búsqueda se limitó a publicaciones del 2000 al 2024 con énfasis en el continente americano dando como resultado 81 artículos de investigación, descartando todos aquellos que no tenían una tendencia grinneliana (Factores abióticos vs. especies). Resultando en las técnicas y métodos más utilizadas en este campo de la investigación como; la base de datos científicas para las especies (67.9 %), el orden de insectos más estudiado (Diptera con 38.3%), las familias más estudiadas están la (Tephritidae con 27.2%) la base de datos climáticos (WorldClim con 80.2%), el método de análisis estadístico fue (MaxEnt con 60.4%). Todas estas formas orientaran el desarrollo de nuevas investigaciones, fortaleciendo las colaboraciones a nivel mundial y desarrollando tecnologías resilientes en beneficio de la seguridad alimentaria.

Palabras clave. Modelos, nicho ecológico, especies, agricultura, América.

5.2 INTRODUCCIÓN

El concepto de nicho tiene un lugar central en la teoría ecológica, la mayor parte de las construcciones conceptuales de la ecología la involucran claramente a principios del siglo XX [24, 25]. Los modelos de nicho ecológico (MNE) y los modelos de distribución de especies (MDE) se utilizan comúnmente en estudios teóricos y aplicados en ecología y biogeografía [26, 27]. Grinnell (1917) propuso que las condiciones ambientales (Abióticas) favorecen el crecimiento poblacional de la especie y Elton (1927) que las especies se enfocan en cuestiones pertinentes a los recursos (Bióticos), su consumo y las interacciones, hasta que Hutchinson (1957) propuso su nicho multidimensional, por lo cual todos los elementos antes expuestos han ido evolucionando con el pasar de los años en metodologías intensas y explicativas acerca del nicho [10, 28, 29]. Los conceptos de modelos de nicho ecológico (MNE) y distribución potencial de especies (MDE) parecen ser uno solo, pero en realidad son dos enfoques diferentes [30, 31]. Los MDE evalúan datos en espacio geográfico, o a distribuciones de las especies y MNE estiman nichos fundamentales de las especies en el espacio ambiental [32]. Estos métodos de MDE se utilizan para determinar los sitios con condiciones ambientales idóneas para su potencial presencia, que son aplicaciones más empleadas en estudios en la ecología y biología en general [33, 34] en la salud humana [35, 36] en los sistemas forestales [37] conservadurismo de especies [38, 39] conservadurismo filogenético hacia la evolución [40, 41, 42] y en los últimos años en la agricultura para el manejo de plagas insectiles [43, 44, 45]. Es importante conocer que los insectos son instrumentos adecuados para el monitoreo ambiental y agrícola en todos los ecosistemas [46] y en América, las explotaciones productivas, confrontan incertidumbres, por los cambios climáticos que afectan las economías a lo largo del mundo [47]. Desde la (FAO y OMS) en su guerra contra el hambre y mantener la seguridad alimentaria en América y el mundo, se impulsa el consumo de frutas [47] lo que ha llevado a la instauración de estrategias, programas y proyectos a nivel nacional e internacional para aumentar las producciones, mejorar la calidad de la nutrición en todos los países [48]. En el campo de la agricultura se ha incrementado el interés por parte de diversos equipos de investigadores [49] por generar usos potenciales y aplicaciones de MNE y MDE, con diferentes enfoques como los estudios bibliométricos y análisis de revisión en poblaciones de especies consideradas plagas [50, 51, 52]. Estos métodos evalúan la actividad científica y expresan indicadores de productividad, demandas, difusión y aspectos que requieren una

constante evaluación [53, 54] complementándose con investigaciones sistemáticas con artículos en la temática seleccionada generando técnicas más explícitas con documentación que responda cualquier pregunta de investigación [55, 56]. El uso potencial de estas combinaciones, en el estudio de nicho es de vital importancia en el desarrollo de investigaciones preventivas para el control y manejo de plagas, contribuyendo así con la mitigación de la variabilidad climática alrededor del mundo [43, 50]. Este artículo tiene como objetivo evaluar el estado actual de las herramientas de nicho ecológico y distribución potencial en especies insectiles de importancia agrícola en América, asociados al uso de estas temáticas en los manejos integrados de plagas y el uso de alertas tempranas que minimicen los impactos negativos producidos por la variabilidad climática.

5.3 MATERIALES Y MÉTODOS

5.3.1 Análisis Bibliométrico

Se realizó una búsqueda sistematizada de literatura en Dimensions (metabusador) [57] empleando combinaciones de palabras como “Insects”, “Agriculture” y “Niche Modelling”, el periodo cubierto en la búsqueda fue del 2000 al 2024. Se descargaron archivos en formato csv con toda la información adquirida mediante la búsqueda y posteriormente se analizaron con el software VOSviewer versión 1.6.20 [58]. Los análisis incluyeron previamente una filtración de términos en las palabras claves (términos no asociados a la temática) a fin de proporcionar una mejor panorámica de la información presente en esta base de datos. Se confeccionaron redes de coocurrencias de términos y colaboración entre países e instituciones (Material suplementario 1, 2).

5.3.2 Revisión Sistemática

Se investigó sistemáticamente, [59] siguiendo las directrices establecidas por el método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), que estandariza la recopilación de información de estudios [60]. Para la compilación de los estudios se empleó una estrategia de búsqueda en bases de datos como Web Of Science (WOS), Scopus [61, 62] y Google Académico, considerando este último necesario para acceder a fuentes no indexadas en las bases mencionadas. Una búsqueda adicional en Dimensions permitió descartar la posibilidad de que faltaran artículos en la búsqueda de Google Scholar. Se utilizó, palabras claves “Insects”, “Agriculture”, and “Niche Modelling”, así como la combinación de estos términos, luego se realizó un web scraping a cada set de

resultados en las bases de datos consultadas [63] con el software Publish or Perish [64] el cual genera una base de datos en formato CSV para su uso en Excel. Posteriormente, se depuro manualmente la base de datos eliminando duplicados y descartando artículos no relacionados a la temática de modelos de nicho ecológico [37] con impactos a la agricultura [65] por parte de especies insectiles ante la variabilidad climática [43]. Esta búsqueda se limitó a publicaciones del 2000 al 2024 con énfasis en el continente americano dando como resultado 81 artículos de investigación, descartando todos aquellos que no tenían una tendencia grinneliana (Factores abióticos vs. especies) [66, 67, 68]; (Figura 3, Material suplementario 3). Una vez seleccionados los artículos, detalladamente se buscó la cantidad de citas y visualizaciones de forma descriptiva, sin ningún análisis estadístico, posteriormente desarrollamos una base de datos, realizando un análisis porcentual, en los diferentes elementos seleccionados; como la base de datos de presencias de las especies (Bases científicas GBIF, CABI, EPPO y Species Link) [69] publicaciones de artículos etc. [59] categorías de los insectos según su orden, familia y género [70, 71] base de datos climáticos, métodos de modelado (MaxEnt, GLM, CLIMEX), mecánicos u orientados a otros procedimientos [72, 73, 74]. De igual manera se ordenaron los reglones con nombre de la revista, factor de impacto etc. [74, 75].

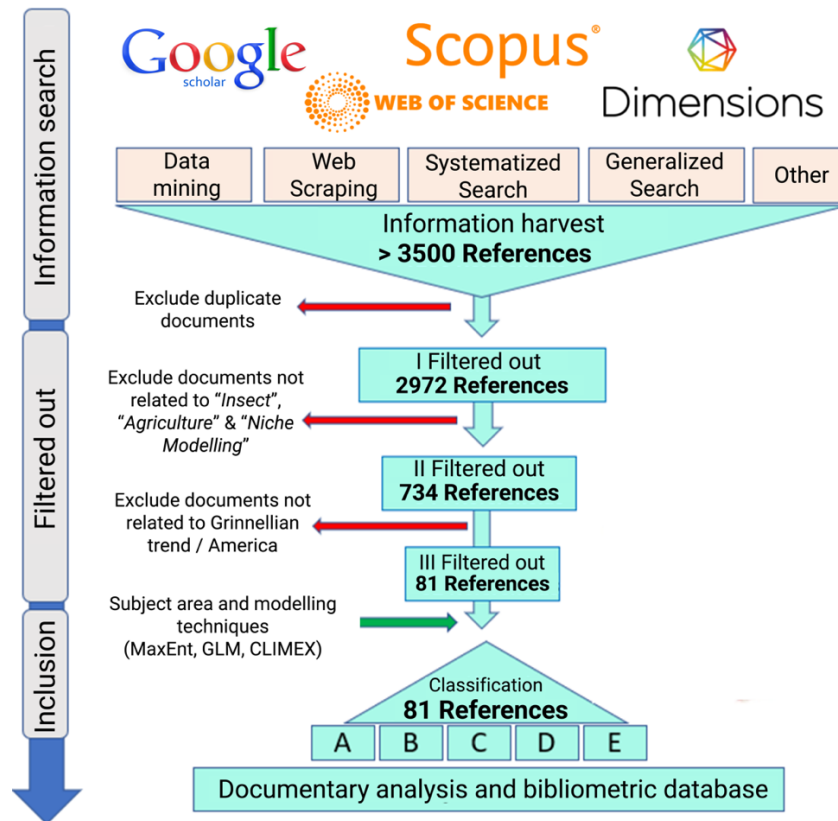


Figura 3. Información de búsqueda para la base de datos

5.4 RESULTADOS

Al analizar la temática de análisis bibliométrico con mayor profundidad se puede observar que la información que representan las palabras claves se agrupa en tres grandes clústeres (Figura 4A) el primer clúster representado por el color rojo (Figura 4B) aborda artículos asociados a modelación de nicho con especies invasoras y plagas, existen también tópicos que abordan el cambio climático asociado a la distribución de plagas, así como aspectos de bio control. El clúster azul (Figura 4C) muestra información acerca de polinizadores, principalmente abejas como *Apis mellifera*, y su interacción en sistemas agrícolas con servicios ecosistémicos como lo es la polinización. Finalmente, el clúster verde (Figura 4D) muestra un remanente de temas asociados a ecología poblacional y diversidad. Los tres clústeres interaccionan en algunas palabras claves, siendo el clúster rojo el que posee mayor representación de artículos en donde la modelación de nicho es el tema central. En el caso los

clúster azul y verde se emplean ciertos modelos, pero el enfoque va mucho más dirigido a preguntas ecológicas asociadas a la temática descrita en cada clúster.

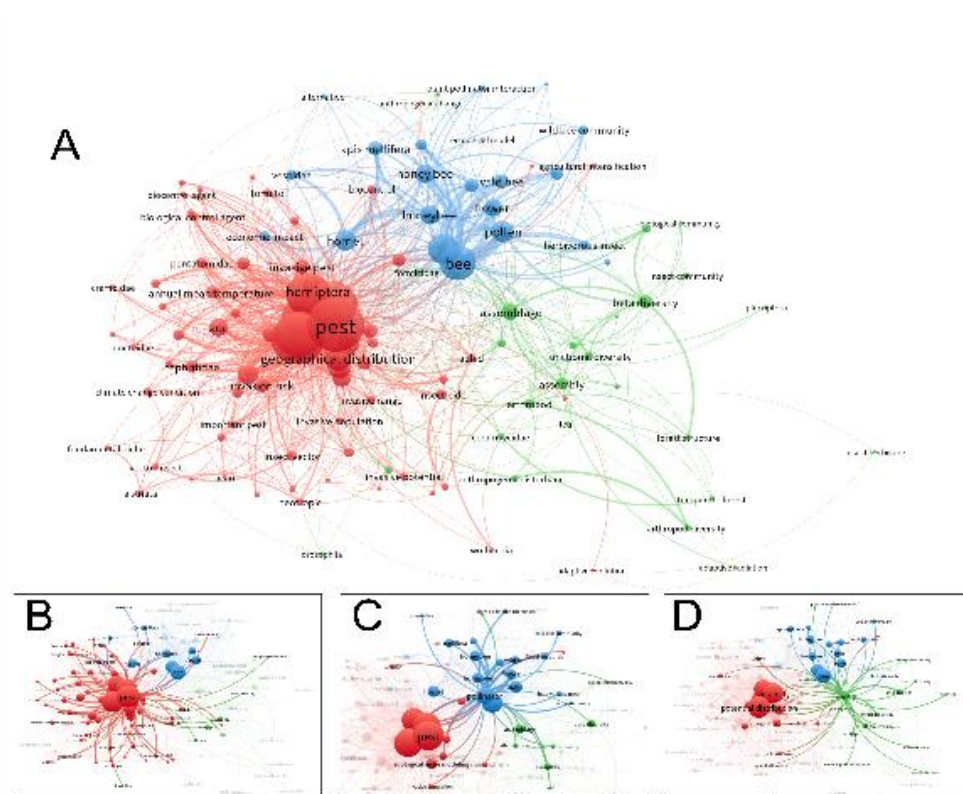


Figura 4. (4A) Red de interacción temática en modelación de nicho de insectos en sistemas agrícolas. (4B) Clúster asociado a especies invasoras y plagas. (4C) Clúster asociado a polinizadores y (4D). Clúster asociado a estudios poblacionales y de diversidad.

En cuanto a la revisión sistemática de artículos, los países americanos con mayor número de publicaciones y colaboraciones en la temática, según el tamaño de la esfera son, Estados Unidos de América, Brasil, Canadá, México, Colombia, Argentina, Chile, Ecuador, Panamá, Costa Rica, Guatemala, y Perú, marcada por la coloración amarilla a azul oscuro que presenta cantidad de citas promedio por documentos o artículos. (Figura 5 A).

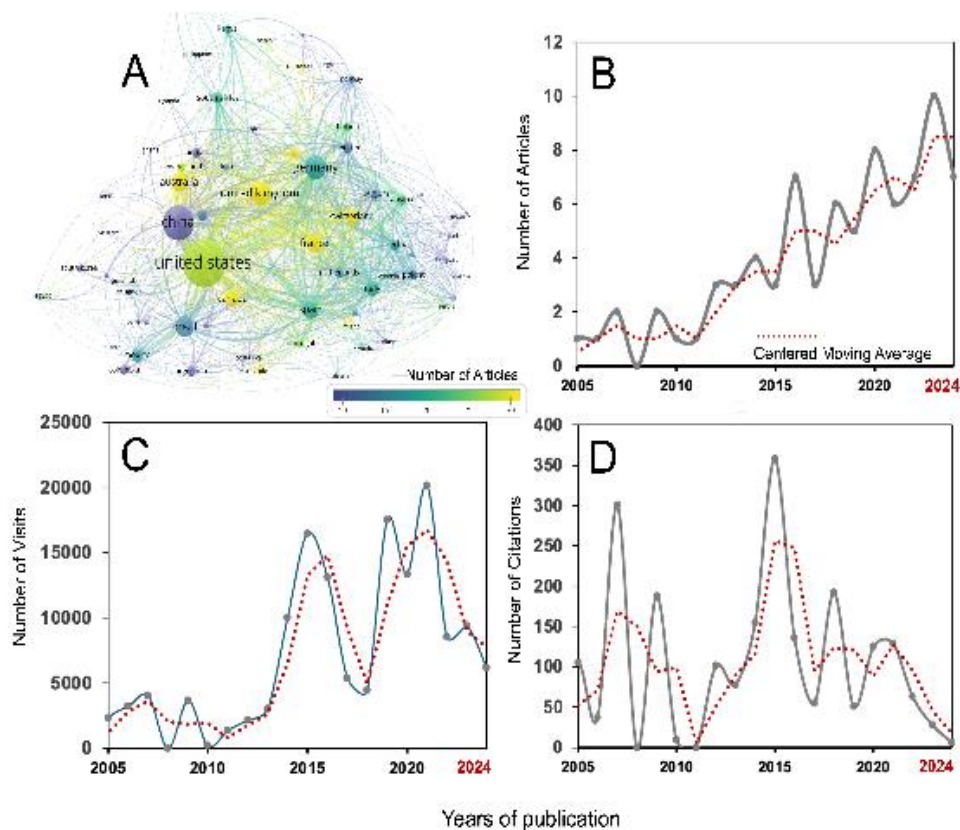


Figura 5. Redes de colaboraciones en producción científica en modelación de nicho de insectos asociados a sistemas agrícolas. (5A) Países con publicaciones y colaboraciones, (5B) Numero de artículos, (5C) Número de visitas y (5D) Numero de citas.

Las publicaciones han aumentado progresivamente en los últimos años, siendo el 2023 el que presento la mayor cantidad con 10, artículos (Figura 5B) con referente al número de visitas de los 81 artículos analizados podemos decir que el año 2021, estuvo por arriba de las 21,000 visitas (Figura 5C) y el año 2015 fue el que presento la mayor cantidad de citas con 358 (Figura 5D). El manejo de presencias de especies fue mayor en los elementos de bases de datos científicas con un 67.9%, (Material suplementario 4). Los órdenes más estudiados fueron el Diptera con 38.3%, Lepidoptera con 17.3%, Hemiptera con 14.7% and Hymenoptera 13.5 y el resto por debajo del 12.4% (Tabla 2). Las familias más estudiadas están la Tephritidae con 27.2%, Apidae con 9.9%, Chrysomelidae con 4.9% y el resto están por debajo de 3.7%. (Material suplementario 5). Los géneros más estudiados están, *Bactrocera* (Diptera) con 10%, *Anastrepha* (Diptera) y *Bombus* (Hymenoptera) con 8.7%, *Ceratitis* (Diptera), *Tuta*

(Lepidoptera) y *Rhagoletis* (Diptera) con 3.7%, *Drosophila* (Diptera), *Prostephanus* (Coleoptera), *Spodoptera* (Lepidoptera), *Diaphorina* (Hemiptera) y *Melanagromyza* (Diptera) con un 2.5%, el resto con porcentajes al 1.2%, (Material suplementario 6). En este trabajo de revisión, la mayoría de publicaciones utilizo para la modelación climática la base de datos worldClim, en un 80.2%, (Material suplementario 7) y el método para las técnicas de modelaje fue MaxEnt con un 60.4%, (Material suplementario 8).

Tabla 2. Porcentaje de orden de insectos más estudiados

Orden	Amount of article	Percentage (%)	Literature
Diptera	31	38.3	1,3,6,7,13,14,17,18,19,23,31,39,42,45,48,49,51,54,57,58,62,63,64,65,67,68,69,70,75, 78,79
Lepidoptera	14	17.3	5,8,9,16,21,25,27-28,35,37,46,53-55,76
Hemiptera	12	14.7	15,26,29,34,36,40,44,50,52,56,73,74
Hymenoptera	11	13.5	2,4,10-11,20,38,47,61,66,71-72
Coleoptera	10	12.4	12,22,24,32-33,41,43,59-60,77
Thysanoptera	2	2.4	30,81
Blattodea	1	1.2	80

La revista científica con mayor número de artículos publicados asociados a insectos fue *Insects* con (11.1%), factor de impacto 2.7, siendo una Q1, seguida de *Journal of Economic Entomology* (9.9%), el resto obtuvo valores inferiores a 6.2% (Material suplementario 9). Las publicaciones utilizadas provienen del idioma inglés (96.4%), portugués (2.4%) y español (1.2%). Es importante resaltar que estas revistas estudian el impacto de los insectos dentro de diversos medios agroecológicos desde las perspectivas de importancia económica.

5.5 DISCUSIÓN

Los análisis bibliométricos se presentan como algo exploratorio [76] de como en los últimos años las colaboraciones entre países de América con otros países del mundo, han ido en aumento, lo que refleja la importancia en el estudio de plagas, modelación, distribución de especies, riesgo de invasiones, polinizadores que de una manera fortalecerán los planes ecológicos, de control, prevención y de biodiversidad [77]. Los resultados revelan tres grandes clústeres que representan distintos aspectos relevantes en la investigación sobre el cambio climático, la ecología y la biología de especies. El clúster rojo se centra en la modelación de nicho, destacando la conexión entre las especies invasoras, las plagas y el cambio climático. Se ha observado que las plagas agrícolas podrían responder más rápidamente a los cambios

climáticos que los controladores biológicos nativos, lo que podría favorecer un aumento en las invasiones biológicas y en la severidad de los daños causados por estas plagas [78]. El cambio climático ha sido identificado como un factor determinante en los límites de distribución de múltiples especies, influyendo en su vulnerabilidad y adaptación a diferentes condiciones climáticas [79, 80]. El clúster azul se enfoca en los polinizadores, particularmente en las abejas, como *Apis mellifera*, y su papel crucial en la polinización de sistemas agrícolas. La interacción de estos polinizadores con los servicios ecosistémicos es fundamental para la producción agrícola, especialmente en un contexto donde el cambio climático puede alterar la fenología de las plantas y, por ende, la efectividad de la polinización [81]. Además, el bienestar de las poblaciones de polinizadores está intrínsecamente ligado a la salud de los ecosistemas y su capacidad para sostener prácticas agrícolas sostenibles [82, 83].

Por su lado, el clúster verde aborda temas relacionados con la ecología poblacional y la diversidad, aspectos clave para entender la dinámica de las especies dentro de los ecosistemas. A medida que el cambio climático altera los hábitats, la biodiversidad se ve amenazada, lo que puede llevar a un colapso en los ecosistemas si no se implementan estrategias de conservación efectivas [84]. La intersección de estos clústeres demuestra que, aunque cada uno se centra en temas específicos, existe una superposición en términos de palabras clave que resaltan la importancia de un enfoque integrado para abordar los desafíos ecológicos contemporáneos [85, 86, 87]. La revisión sistemática de artículos relacionados con modelos de nicho y distribución potencial en insectos de importancia agrícola revela patrones significativos en la producción científica a lo largo de los países americanos. Estados Unidos, Brasil, Canadá, México, Colombia, Argentina, Chile, Ecuador, Panamá, Costa Rica, Guatemala y Perú son los países con mayor número de publicaciones y colaboraciones en este campo. Esto refleja una alta actividad de investigación concentrada en naciones que, debido a su diversidad ecológica y relevancia agrícola, presentan un estado significativo en el estudio de los insectos de importancia agrícola, especialmente en el contexto de los cambios climáticos y los desafíos que estos implican para la agricultura [88]. La colaboración científica en la publicación y en el uso de modelos de nicho se ha convertido en un factor esencial para abordar problemas ecológicos complejos. Investigaciones previas indican que la coautoría y el trabajo en redes colaborativas no solo aumentan la visibilidad de las investigaciones, sino que también potencian la calidad y el impacto de los trabajos científicos [89, 90, 91, 92].

Países como Estados Unidos y Brasil se destacan en este aspecto, ya que cuentan con plataformas de investigación consolidadas que fomentan la cooperación interinstitucional y el desarrollo de proyectos que integran diversas disciplinas. Estas sinergias facilitan un enriquecimiento del conocimiento, creando un entorno favorable para el desarrollo de modelos de nicho más precisos, cruciales para la formulación de estrategias de gestión de plagas y conservación de especies [93, 94, 95]. Por otro lado, es importante resaltar que los análisis bibliométricos y las revistas científicas, analizadas en estos estudios reflejan el impacto de los insectos con fines agrícolas, dentro diversos medios agroecológicos desde las perspectivas de importancia económica, garantizando el conocimiento, para futuras medidas en el control de especies insectiles de importancia en América [90, 91]. El uso de modelos de nicho ecológico ha emergido como un enfoque fundamental para predecir la distribución potencial de especies bajo diferentes escenarios climáticos [96]. Este potencial se vuelve evidente en contextos como la agricultura, donde conocer la distribución futura de insectos puede ser determinante para la toma de decisiones en la gestión agrícola, así como para anticipar la aparición de plagas y la eficacia de los controles biológicos. El enfoque colaborativo representa una ventaja estratégica, no solo en términos de recursos y financiamiento, sino que incentiva a los investigadores a abordar preguntas más amplias y complejas que no podrían resolverse de forma aislada [97, 98].

En general, se observa un aumento progresivo en el número de publicaciones relacionadas con modelos de nicho y distribución potencial de insectos agrícolas, lo que refleja un creciente interés en la investigación sobre estos temas críticos [99]. Este patrón de crecimiento sugiere que la comunidad científica está cada vez más involucrada en comprender la dinámica de las especies insectiles y los factores que afectan su distribución, especialmente considerando el impacto del cambio climático en la agricultura [100]. Además, se ha observado un incremento en la atención pública y académica hacia los estudios de plagas y su gestión, resaltando la relevancia de estos temas en el contexto global actual [101]. En cuanto a la composición de las publicaciones analizadas, se encontró que el manejo de presencias de especies se realizó mayoritariamente en bases de datos científicas, lo que subraya la importancia de estas herramientas para la recopilación y análisis de información sobre insectos, facilitando la modelación y predicción de su distribución. Los órdenes más estudiados fueron Diptera y Lepidoptera, lo que indica que las especies de estos grupos son de particular interés debido a su impacto en la agricultura y la ecología [102]. La familia Tephritidae sobresale entre las más

investigadas, lo cual es consistente con la atención que reciben las plagas de frutas y su gestión a través de controles biológicos y químicos [103, 104]. Desarrollando nuevas tendencias en la investigación hacia el futuro, por contar con herramientas metodológicas acordes al modelado [105]. La variabilidad climática, a nivel global está afectando las interacciones bióticas y los servicios ecosistémicos, alterando ineludiblemente la estructura de hábitad natural de muchas especies [92]. A corto y largo plazo esta variabilidad, afectara directamente la reproducción, el desarrollo, la supervivencia y la dispersión de los insectos, mientras que altera indirectamente las interacciones entre los insectos, sus hábitats y otras especies como depredadores, competidores, vectores de enfermedades y organismos simbióticos [106].

Los géneros más investigados incluyen *Bactrocera*, *Anastrepha* y *Bombus*, lo que refleja no solo la diversidad de los insectos agrícolas, sino también la relevancia de estos géneros en la producción agrícola y la polinización, elementos críticos para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. En general, el enfoque de la investigación se ha centrado en la modelación de nicho y en la identificación de patrones de distribución, proporcionando información valiosa sobre cómo los factores ambientales y climáticos pueden afectar a las especies [107]. Y una de las líneas de mayor interés mundial es la de insectos plagas invasoras que cada día pone en riesgo la productividad de los sistemas hortofrutícolas [108]. Además de estudios en polinizadores para la productividad en actividades agrícolas y el campo de la biodiversidad [109]. El uso de la información base es indispensable en estos estudios (Bases científicas, Publicaciones, climáticas) y los métodos estadísticos con enfoques abióticos y bióticos permitirán las colaboraciones interinstitucionales alrededor del mundo, diseñando planes de control preventivos en momentos oportunos [110, 111].

5.6 CONCLUSIÓN

Los análisis bibliométricos destacan el aumento de colaboraciones internacionales en el estudio de plagas, polinizadores y distribución de especies, enfocándose en el impacto del cambio climático. Se identifican tres clústeres clave: modelación de nichos, polinizadores y ecología poblacional, que reflejan la necesidad de un enfoque integrado para abordar desafíos ecológicos. La investigación, liderada por países como Estados Unidos y Brasil, promueve estrategias de control, prevención y conservación, esenciales para la sostenibilidad agrícola y ecológica.

**6. CAPITULO II.
EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL
CICLO ENOS SOBRE EL
POTENCIAL DE DISTRIBUCIÓN DE
ALGUNAS ESPECIES DEL
GÉNERO *ANASTREPHA* DE
IMPORTANCIA HORTOFRUTÍCOLA
EN EL NEOTRÓPICO Y PANAMÁ.**

6. CAPITULO II. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CICLO ENOS SOBRE EL POTENCIAL DE DISTRIBUCIÓN DE ALGUNAS ESPECIES DEL GÉNERO *ANASTREPHA* DE IMPORTANCIA HORTOFRUTÍCOLA EN EL NEOTRÓPICO Y PANAMÁ.

6.1 RESUMEN

La variabilidad climática nos ha hecho cambiar la perspectiva del conocimiento sobre el estudio de plagas insectiles o insectos limitantes, enfocándonos a preservar o mantener los sistemas productivos con eficiencia en la economía mundial. Las cuatro especies del género *Anastrepha* seleccionadas en este estudio, por sus características de colonización a sustratos frutales y expansión dentro la región de estudio. Los modelos de distribución potencial de estas especies son escasos en la mayoría de los países del neotrópico y existe una demanda actual y apremiante de realizar este tipo de análisis ante los escenarios comunes de variabilidad climática. Analizamos 370 datos de presencias con las métricas estadísticas de calibración - rendimiento y 16 variables bioclimáticas. Se utilizó el método MaxEnt para evaluar el efecto del ciclo ENOS sobre la distribución potencial de las especies *Anastrepha grandis* (Macquart), *Anastrepha serpentina* (Wiedemann), *Anastrepha obliqua* (Macquart) y *Anastrepha striata* (Schiner) como plagas hortofrutícolas importantes para en el neotrópico y Panamá. Se obtuvieron un total de 3472 modelos candidatos para cada especie, y las variables ambientales con mayor contribución a los modelos finales fueron rango LST y LST min para *A. grandis*, rango PRECIP y PRECIP min para *A. serpentina*, rango LST y LST min para *A. obliqua*, y LST min y LST max para *A. striata*. El porcentaje de rango de expansión de *A. grandis* en todos los escenarios ambientales fue de 26.46 y el rango de contracción fue de 30.80; el porcentaje del rango de expansión de *A. serpentina* en todos los escenarios ambientales fue de 3.15 y el rango contracción fue de 28.49; el porcentaje del rango de expansión de *A. obliqua* en todos los escenarios ambientales fue de 5.71 y el rango de contracción fue de 3.40 y el porcentaje de rango de expansión de *A. striata* en todos los escenarios ambientales fue de 41.08 y el rango de contracción fue de 7.30 y se seleccionó el mejor modelo, resultando una amplia distribución (áreas

idóneas) de estas especies en el neotrópico que fue influenciada por la variabilidad de los episodios climáticos (El Niño, Neutro y La Niña). Se proporciona información a los sistemas de vigilancia fitosanitaria de los países en áreas donde estas especies podrían establecerse, lo cual es útil para definir políticas y tomar decisiones sobre planes de manejo integrado acordes a una agricultura sustentable.

Palabras clave. Distribución geográfica, ENOS *Anastrepha*, horticultura, neotrópico, Panamá.

6.2 INTRODUCCIÓN

Las fluctuaciones que se perciben en el clima (temperatura, precipitación y humedad) en periodos relativamente cortos son causa de la variabilidad climática [1, 2, 3, 4, 112]. Estudios previos han demostrado que la variabilidad climática afecta a los sistemas físicos y biológicos, y es de particular importancia en las áreas de cultivo, con cambios en la frecuencia, intensidad, extensión espacial, duración y cronología de fuertes lluvias y periodos de sequía durante los fenómenos de El Niño y La Niña. Estas variaciones pueden alterar el comportamiento de los ecosistemas y causar el desplazamiento y extinción de especies [6, 113, 114, 115]. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno natural que involucra fluctuaciones en la temperatura del océano Pacífico ecuatorial [5]. Con una variación de 2 a 7 años, el ciclo ENOS es la forma predominante de variabilidad en el Océano Pacífico [6, 7]. Esta variabilidad ocasiona incertidumbre en los agroecosistemas productivos (hortofrutícolas), provocando a su vez estrés social y ambiental que ponen en riesgo la seguridad alimentaria del planeta [6, 8]. Se espera que, en los próximos años, la variabilidad climática provoque cambios en la distribución geográfica de los insectos debido al reordenamiento de las zonas climáticas [116, 117]. Por lo tanto, las magnitudes de los impactos estarán asociadas a la variabilidad climática. Las regiones de América Latina y el Caribe se encuentran entre las zonas más vulnerables, ya que la mayoría de las especies que allí habitan son endémicas o restringidas a un ecosistema tropical específico [17, 118, 119, 120]. Una gran cantidad de los seres vivos son susceptibles a los efectos de la variabilidad climática debido a especificidades fisiologías y cualidades fenológicas [121]. Los organismos poiquilotérmicos (ectotérmicos), como los insectos, cuyas temperaturas corporales varían según el clima circundante, se ven afectados por el tiempo inestable [122]. Las variaciones climáticas en la temperatura y la precipitación pueden alterar las interacciones ecológicas de las especies de *Anastrepha*, lo que les permite colonizar elevaciones más altas y extender los rangos de sus distribuciones geográficas [66, 123, 124]. Dos de los métodos más utilizados para evaluar los efectos de las variaciones climáticas en los patrones de distribución de las especies han sido los modelos de nicho ecológico (MNE) y modelos de distribución de especies (MDE) [9, 10, 125, 126]. Además de caracterizar los patrones ambientales y geográficos de las especies, estos métodos se han aplicado a múltiples cuestiones de investigación en diversas áreas del conocimiento, incluyendo la conservación, epidemiología y manejo de especies invasoras, programas de erradicación e identificación de áreas cultivables [11, 12, 127].

La familia Tephritidae (Diptera) consta de alrededor de 4700 especies agrupadas en aproximadamente 500 géneros [128, 129], distribuidos en regiones templadas, tropicales y subtropicales en todo el mundo [130]. *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae: Toxotrypanini) es el género más diverso de Tephritidae de las Américas e incluye más de 250 especies distribuidas desde el sur de los Estados Unidos (Texas y Florida) hasta el norte de Argentina [131, 132]. Al menos siete especies del género *Anastrepha* se consideran insectos económicamente importantes porque afectan directamente la producción de fruta cultivada (*Mangifera indica* L. y *Citrus* sp.) y tienen una amplia gama de huéspedes [13]. Entre ellas destacan *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann 1830), *Anastrepha grandis* (Macquart 1846), *Anastrepha ludens* (Loew 1873), *Anastrepha obliqua* (Macquart 1835), *Anastrepha serpentina* (Wiedemann 1830), *Anastrepha striata* (Schiner 1868), y *Anastrepha suspensa* (Loew 1862). La especie *A. fraterculus* es reconocida como un complejo de especies críptico [133, 134, 135]. Los daños causados por algunas especies del género *Anastrepha* pueden ser devastadores para la fruta y su comercialización; en las últimas décadas se han documentado pérdidas totales de hasta el 90% de la cosecha [14, 15, 136, 137, 138]. La distribución potencial de moscas de la fruta como parte del manejo de insectos plagas, se ha considerado importante en los últimos años, con el manejo de bases de información, el uso de modelos, la implementación de nuevas tecnologías en los campos del clima, la biodiversidad de especies, mejoraran la planificación en el control de las zonas productivas en las regiones de Estados Unidos [139], Europa [140, 141] y América Latina [142, 143, 144].

Durante la última década, el mundo ha visto al menos 690 millones de personas desnutridas, 750 millones de personas sufriendo inseguridad alimentaria, 2 mil millones de personas carentes de acceso a alimentos seguros y nutritivos y 3 mil millones de personas incapaces de pagar el costo de una dieta saludable [17]. Dentro del sector de producción agrícola, las frutas tropicales constituyen un grupo relativamente nuevo en el comercio mundial de productos básicos, habiendo adquirido importancia en el mercado internacional desde 1970 debido a los avances en el transporte, los acuerdos comerciales y los cambios en las preferencias de los consumidores por las frutas [18]. Con la declaración del Año Internacional de las Frutas y Verduras en 2021, se han promovido dietas y estilos de vida saludables entre los consumidores de manera ambientalmente sostenible, recomendando una ingesta mínima de 400 g de frutas y verduras por persona al día, que solo se cumple en algunas partes de Asia y en países con altos ingresos y buena disponibilidad de frutas [20, 21]. En Panamá, el cultivo de frutas tiene un

enorme potencial de desarrollo debido a las condiciones de clima y suelo en las diversas regiones del país, así como a las oportunidades que ofrecen los mercados internacionales [22]. Del área total sembrada ($227,551 \text{ ha}^{-1}$), como cobertura de interés para el productor, el 13% ($29,581 \text{ ha}^{-1}$) pertenece a frutales [23].

Evaluar el efecto del ciclo ENOS sobre la distribución potencial de cuatro especies del género *Anastrepha*, de importancia económica en la Hortofruticultura, es de gran relevancia para el neotrópico y Panamá, en los ámbitos científico, económico, social y ambiental; puede aportar información para la toma de decisiones en los países del continente americano que presentan mayor vulnerabilidad (exportaciones y cuarentenas) para el establecimiento y distribución de cada especie. Además, la información generada constituye la base para el análisis de riesgos y la implementación de planes preventivos de control y mitigación, que permitan reducir los impactos socioeconómicos en los sectores potencialmente afectados de América Latina, Panamá y el mundo.

6.3 MATERIALES Y MÉTODOS

6.3.1 Área de estudio

Se utilizó como área del estudio, el neotrópico que se extiende entre los trópicos de cáncer y capricornio [145, 146]. Esto incluyó el sur de México, toda Centroamérica, el caribe y gran parte de Sudamérica, incluida la gran selva amazónica [147]. El paisaje natural de estas biorregiones está conformado por bosques tropicales, humedales, sabanas, pastizales templados, desiertos y formaciones herbáceas andinas [148, 149, 150, 151]. Posteriormente, se cortaron capas ambientales, para la República de Panamá, la cual se ubica geográficamente en las bajas latitudes norte ($7^{\circ} 12' 07''$ y $9^{\circ} 38' 46''$ de latitud norte), entre $77^{\circ} 09' 24''$ y $83^{\circ} 03' 07''$ de longitud oeste, y se caracteriza por ser el país más angosto y largo del istmo centroamericano. Tiene una superficie terrestre de $74,177.3 \text{ km}^2$ (sin incluir áreas de masas de agua continentales de $1,142,506.9 \text{ km}^2$), está dispuesta en dirección oeste-este y limita al norte con el mar Caribe, al sur con el océano Pacífico, al este con Colombia y al oeste con Costa Rica [152, 153] (Figura 6).

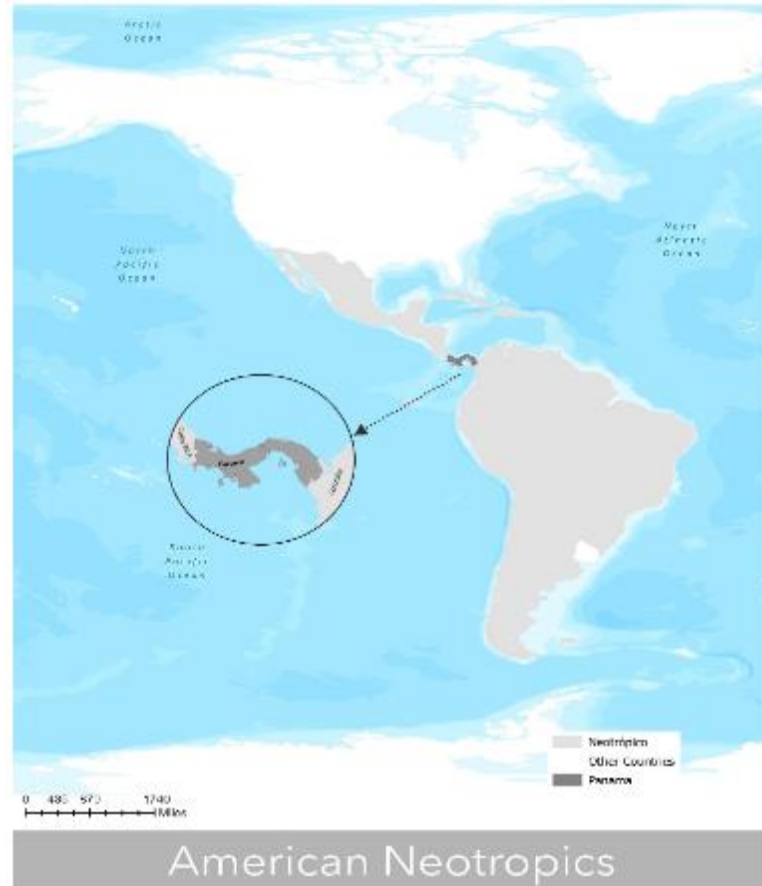


Figura 6. Mapa del área de estudio de los modelos de distribución potencial.

6.3.2 Registro de presencias

Las presencias para este estudio fueron cuatro especies del género *Anastrepha* de importancia hortofrutícola en el neotrópico y Panamá: *A. grandis*, *A. serpentina*, *A. obliqua* y *A. striata* [154, 155]. Seleccionadas por los diversos hospedantes, daño directo a la fruta, algunas especies polífagas y su distribución dentro de la región [16]. Se utilizaron registro de presencias de especies de las siguientes fuentes: Global Biodiversity Information Facility (GBIF; <https://www.gbif.org/es/>, consultado el 5 de marzo de 2022, Species Link (<https://specieslink.net>, consultado el 16 de junio de 2022, Center for International Agricultural Bioscience (CABI; <https://www.cabi.org/>, consultado el 3 de marzo de 2022 y la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA; <https://mida.gob.pa/sanidad-vegetal>, consultado el 10 de marzo de 2022, (Material suplementario 9). Todos los puntos de presencias fueron revisados en Excel, eliminando registros duplicados y con errores de coordenadas, y utilizando un shapefile del polígono

neotropical [156]. Una vez formada la base de datos, se ordenaron las columnas con el nombre científico y las coordenadas de longitud y latitud para cada especie. Los datos fueron depurados utilizando la función de adelgazamiento espacial para las especies, con el paquete *spThin* en R [157], utilizando un buffer de 30 km para realizar el aclareo espacial de las presencias y tomando como referencia la capacidad de dispersión reportada para el género *Anastrepha* [158, 159, 160]. Cada conjunto de datos final se dividió en registros de presencias para calibración y evaluación (80% y 20%, respectivamente).

6.3.3 Datos climáticos

Para caracterizar este fenómeno (ENOS), se consultó a las siguientes agencias especializadas por sus registros de episodios climáticos ocurridos en el Océano Pacífico: NOAA en Estados Unidos (National Weather Service, Los Ángeles, CA, EUA, 2018) la Oficina Meteorológica del Gobierno de Australia (Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia, 2018) y el Centro Climático de Tokio en Japón (Japan Meteorological Agency, Tokio, Japón, 2019). Se integró la información disponible de 2000 a 2019, del consenso de estas tres agencias se obtuvieron seis episodios de La Niña, cinco de El Niño y tres episodios Neutrales. Cada uno de estos episodios se caracterizó mediante cuatro ráster (mínimo, máximo, media y rango) para los cuales cada una de las capas ambientales incluyó el índice de vegetación mejorado (EVI, mensual Modis-Terra MOD 11C2v006), la temperatura de la superficie terrestre (LST, mensual Modis-Terra MOD 11C3v006), la tasa de precipitación en tiempo casi real (NRTPR, 3 h TRMM 3B42RTv7) y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, mensual Modis-Terra MOD 11C2v006). A partir de estos, se obtuvieron 16 capas ambientales para cada episodio a una resolución espacial de 0.25° o 25 km en el ecuador [161, 162, 163].

Con estas variables se construyeron 8 conjuntos de datos utilizando los siguientes criterios para su selección: todas las variables (conjunto 1); análisis del coeficiente de correlación de Pearson para reducir la colinealidad (conjunto 2) [164], donde las variables con un valor de correlación $>|0.8|$ fueron eliminadas utilizando el paquete *corrplot* del software estadístico R 3.6.0 [165, 166]; análisis Jackknife en MaxEnt para evaluar la contribución individual de las variables sin autocorrelación espacial a los modelos, que incluyeron variables que contribuyen $\geq 80\%$ (conjunto 3) [166]; variables con un factor de inflación de la varianza (VIF) < 10 (conjunto 4); todas las variables relacionadas con NDVI (conjunto 5); todas las variables relacionadas con EVI (conjunto 6); todas las variables relacionadas con LST (conjunto 7); y

todas las variables relacionadas con la precipitación (conjunto 8) [166, 167, 168, 169] (Material suplementario 10).

6.3.4 Construcción de los modelos

Para cada especie se propuso un área de calibración del modelo con base en la distribución espacial de presencias para definir el área de muestreo ambiental para el algoritmo [170, 171]. Estas áreas se demarcaron tomando los registros de presencias de las especies en las intersecciones de los polígonos de las ecorregiones propuestas por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) [145, 172]. Utilizando el programa MaxEnt, que utiliza un algoritmo de aprendizaje automático que combina modelos bayesianos, de máxima entropía y estadísticos, se construyeron todos los modelos posibles resultantes de combinaciones de las variables, estimando la distribución de probabilidad de la máxima entropía de presencias en una celda, determinada de acuerdo al escenario [173, 174]. Esta distribución de probabilidad es el resultado de calcular las curvas de respuesta, en donde se describe la idoneidad con base en cada una de las variables ambientales del modelo [175]. Todos los modelos fueron generados con el paquete kuenm en R versión 1.1.5 utilizando el método de selección exhaustiva de variables [12, 176, 177], una secuencia de 17 multiplicadores de regularización (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 y 10), 8 conjuntos de variables y una combinación de clase de entidad (lineal, cuadrática, producto, umbral y su combinación). Posteriormente, se evaluó el desempeño de los modelos candidatos con las siguientes métricas estadísticas: (a) significancia estadística por curva característica operativa del receptor parcial (pROC con 500 iteraciones y 50 por ciento de los datos para bootstrap); (b) evaluación de la tasa de omisión en los registros de presencias de prueba, seleccionando modelos con resultados menores al 5%; y (c) selección de modelos con menor complejidad al criterio de información de Akaike corregido para muestras pequeñas, y la diferencia entre el modelo pretendiente y el modelo sobresaliente (AICc y Δ AICc, respectivamente). Los modelos se evaluaron seleccionando aquellos que fueron estadísticamente significativos (criterio a) y reduciendo el número de modelos incorporando solo aquellos que ejecutaron la tasa de omisión (criterio b). Entre los modelos candidatos significativos y de baja omisión, se seleccionaron modelos con un delta menor a 2 (criterio c) [164]. Con base en los resultados, cada modelo final se construyó a partir de 10 repeticiones, y se obtuvieron curvas de respuesta individuales. El tipo de salida del modelo final se seleccionó (extrapolación, extrapolación libre y sin extrapolación) utilizando análisis Jackknife de las dos variables con mayor contribución a los modelos y graficando las mismas

en un espacio tridimensional. En este espacio ambiental, la ubicación de los puntos de presencias se compara con el espacio ambiental del área M [165, 169]. Reclasificamos los mapas a binario mediante un umbral que omite todas las regiones con idoneidad de hábitat por debajo de los valores de idoneidad para el 10 % más bajo de registros de presencias [144] utilizando la función de reclasificación a binario en SDMToolbox V. 2.4.

6.3.5 Análisis del espacio geográfico

Cada modelo final por especie fue proyectado al espacio geográfico del área del neotrópico, y posteriormente se cortó el mapa del área de Panamá, estimando la distribución potencial de cada especie en las diferentes condiciones promedio investigadas (Neutral, El Niño y La Niña). Estas proyecciones fueron reclasificadas como binarias (1 = adecuado; 0 = no adecuado) [30, 178, 179] calculando un umbral para cada especie que omitió todas las regiones con idoneidad de hábitat por debajo de los valores de idoneidad para el 10% inferior de registros de presencias. Adicionalmente, implementamos un análisis de paridad orientada a la movilidad (MOP) que comparó la similitud ambiental del área de proyección con el área de calibración del modelo para identificar áreas donde hubo extrapolación estricta [180, 181, 182, 183, 184, 185].

6.4 RESULTADOS

Se obtuvieron 370 registros de presencias para las cuatro especies de *Anastrepha*, donde *A. grandis* presentó el menor número de registros (39), distribuidos entre Panamá, Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay y norte de Argentina. *A. serpentina* presentó 88 registros distribuidos entre México, Belice, El Salvador, Guatemala, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Venezuela, Guyana Francesa, Perú, Brasil, Bolivia, Paraguay y norte de Argentina. *A. obliqua* presentó 93 registros distribuidos en México, Guatemala, Belice, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador, Surinam, Guyana Francesa, Brasil, Bolivia, Paraguay y norte de Argentina. Finalmente, *A. striata* presentó 150 registros, distribuidos principalmente en México, Belice, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Guyana Francesa, Surinam, Bolivia, Brasil y Paraguay. Se obtuvieron 3472 modelos candidatos para cada especie de *Anastrepha*. Comparando las ubicaciones de los registros de presencias en el espacio ambiental y el espacio ambiental disponible en el área de calibración (M) y el área de proyección para las cuatro especies, los registros se distribuyeron de manera dispersa en el espacio ambiental de la M. Este resultado permitió la selección de todas las

especies en los modelos con salida "extrapolación", considerando la metodología propuesta por Owens et al. [181] (Material suplementario 11). Luego de analizar todos los modelos candidatos, se seleccionó el mejor de cada especie de acuerdo a los criterios señalados en la sección materiales y métodos (Tabla 3).

Tabla 3. Modelos seleccionados según criterios definidos con significación estadística ROC parcial, rendimiento de tasa de omisión y complejidad AICc.

Species	Records	Train	Selected Model	Partial ROC	Omission Rate (<5%)	AICc	ΔAICc
<i>Anastrepha grandis</i>	39	32	M_0.9_F_t_Set7	0	0	392.882	0.000
<i>Anastrepha serpentina</i>	88	70	M_0.4_F_lq_Set8	0	0	1017.849	0.000
<i>Anastrepha obliqua</i>	93	74	M_4_F_l_Set7	0	0	1080.475	0.000
<i>Anastrepha striata</i>	150	125	M_3_F_lt_Set7	0	0	1854.480	0.000

Las variables ambientales con mayores contribuciones a los modelos finales fueron rango LST (32%) y LST min (28%) para *A. grandis*, rango PRECIP (58%) y PRECIP min (18%) para *A. serpentina*, rango LST (45%) y LST min (28%) para *A. obliqua* y LST min (47%) y LST max (24%) para *A. striata*.

6.4.1 Distribución potencial en el neotrópico

En condiciones de El Niño, Neutral y La Niña, los modelos para las cuatro especies mostraron amplias áreas con condiciones ambientalmente adecuadas (adecuadas para su establecimiento) en zonas costeras, sabanas, montañas, bosques templados y tropicales. Para *A. grandis*, los modelos de distribución potencial en episodios de El Niño (Figura 7A) y La Niña (Figura 7C) fueron muy similares, con áreas adecuadas en el norte y sureste a oeste de México, Guatemala, Belice, noroeste de Honduras y Nicaragua, suroeste de Guatemala, Costa Rica, la zona atlántica y oeste de Panamá, noreste de Colombia y Ecuador, sureste de Venezuela, noreste de Guyana, noreste de Perú, norte de Bolivia, gran parte de la Amazonía norte y sur de Brasil, sureste de Paraguay, Uruguay, norte y sur de Argentina y sur de Chile. Para episodios Neutrales (Figura 7B) se evidenció un área adecuada mayor en el norte de México, norte de la Amazonía en Brasil, centro de Uruguay y Paraguay, norte de Argentina y varios países de Centroamérica. Para *A. serpentina*, los episodios de El Niño (Figura 8A) y La Niña (Figura 8C) tienen casi el mismo patrón, donde se observó un aumento de las áreas adecuadas en las áreas nororientales de México durante el evento de La Niña y una disminución del área ideal en el sur

de Guatemala, norte de Honduras y El Salvador, y un aumento en Costa Rica y Panamá. En América del Sur, hubo un aumento de las áreas adecuadas en gran parte de Colombia, Venezuela, Ecuador, Brasil, Bolivia, Paraguay y norte de Argentina y una reducción del área en La Niña en el sur de Brasil, norte de Argentina y noroeste de Chile. En el episodio Neutral, hubo un área adecuada mayor en toda la región neotropical excepto en las áreas central y occidental de México, una pequeña área del noroeste y sur de Colombia, centro-este de Brasil, la zona costera de Perú y Chile, y noreste y sur de Argentina (Figura 8B).

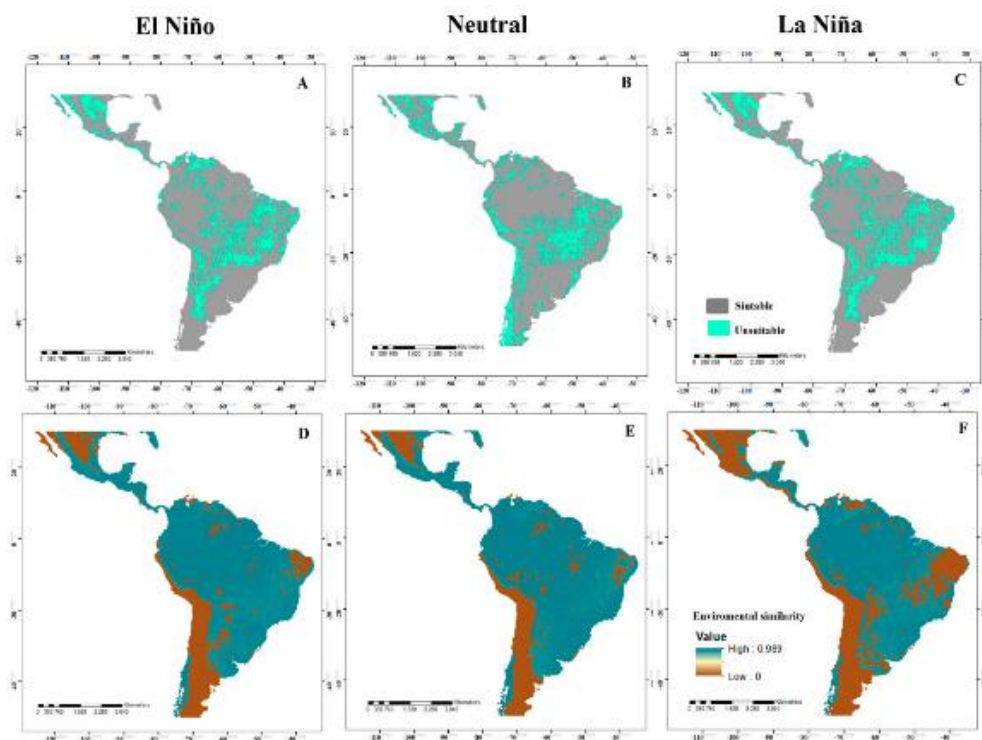


Figura 7. Distribución potencial de *Anastrepha grandis* en el neotrópico para episodios El Niño, Neutral y La Niña (A - C), respectivamente, donde los valores adecuados (áreas aptas) se representan en gris y los de baja adecuación (áreas no aptas) en verde. Además, se muestran diversos mapas que analizan el MOP en los diferentes episodios El Niño, Neutral y La Niña (D - F), respectivamente), donde los valores de alta similitud ambiental se representan en azul y los de baja similitud ambiental en marrón

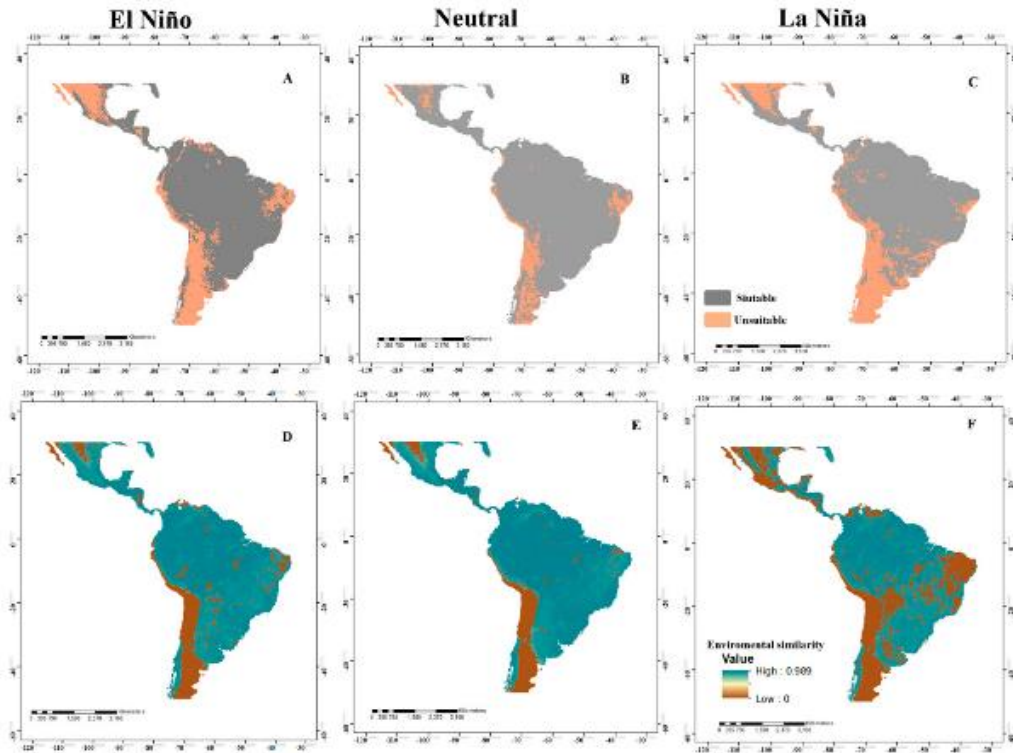


Figura 8. Distribución potencial de *Anastrepha serpentina* en el neotrópico para episodios El Niño, Neutral y La Niña (A - C), respectivamente, donde los valores adecuados (áreas aptas) se representan en gris y los de baja adecuación (áreas no aptas) en naranja. Además, se muestran diversos mapas que analizan el MOP en los diferentes episodios El Niño, Neutral y La Niña (D - F), respectivamente, donde los valores de alta similitud ambiental se representan en azul y los de baja similitud ambiental en marrón.

Para *A. obliqua*, en los episodios El Niño y La Niña, el área adecuada aumenta en gran parte del neotrópico, en México, Centroamérica y gran parte del territorio sudamericano (Figura 9A, C). En los episodios Neutrales, mantiene un patrón similar al de El Niño y La Niña, excepto por el aumento del área adecuada que se observa en el centro de México (Figura 9B). Por último, para *A. striata*, los episodios El Niño y La Niña (Figura 10A, C) presentaron un área más adecuada en México, Guatemala, Belice, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, centro de Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay y parte de Chile. En los episodios Neutrales, el aumento se mantuvo en el centro de Brasil y sur de Argentina (Figura 10B).

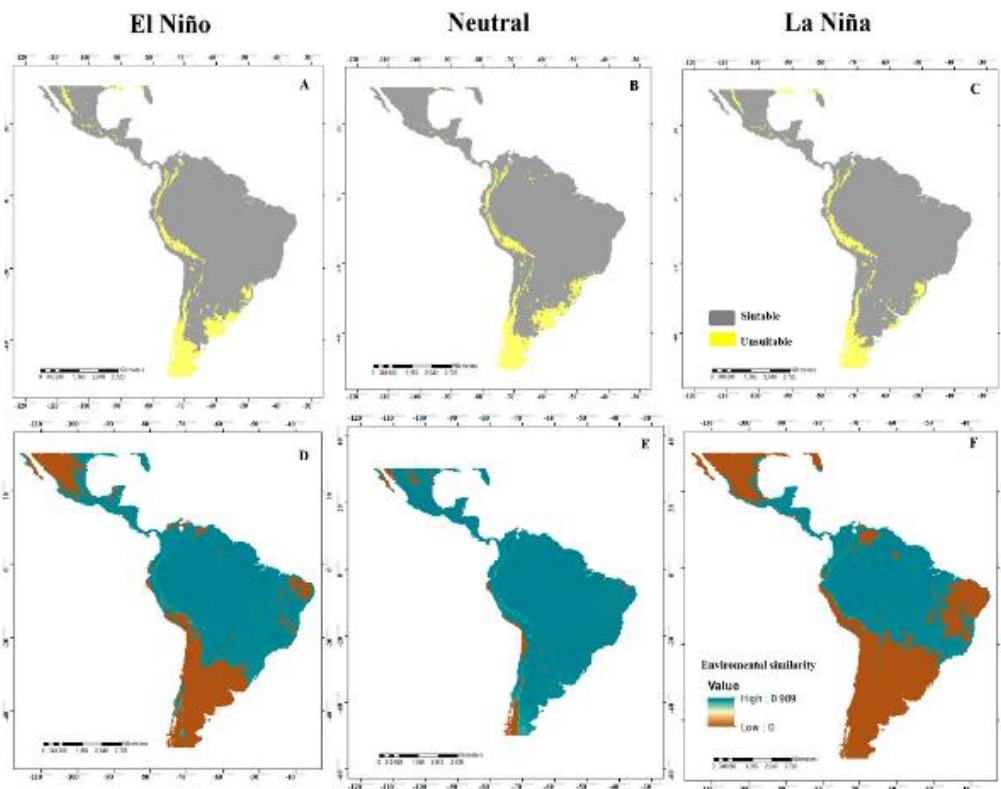


Figura 9. Distribución potencial de *Anastrepha obliqua* en el neotrópico para episodios El Niño, Neutral y La Niña (A - C), respectivamente, donde los valores adecuados (áreas aptas) se representan en gris y los de baja adecuación (áreas no aptas) en amarillo. Además, se muestran diversos mapas que analizan el MOP en los diferentes episodios El Niño, Neutral y La Niña (D - F), respectivamente), donde los valores de alta similitud ambiental se representan en azul y los de baja similitud ambiental en marrón.

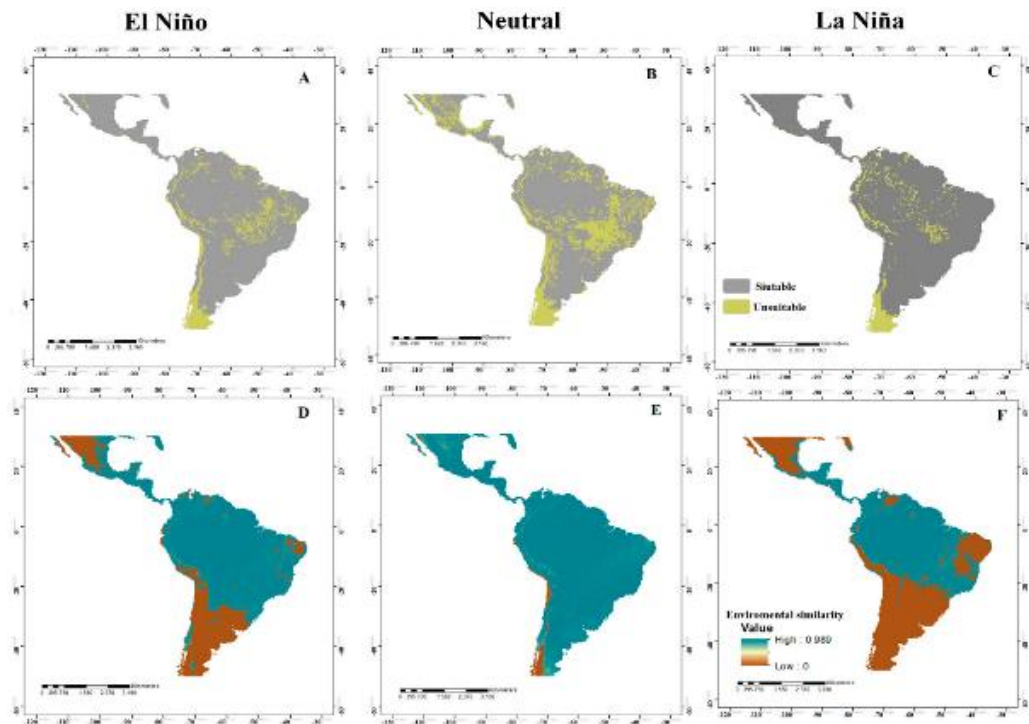


Figura 10. Distribución potencial de *Anastrepha striata* en el neotrópico para episodios El Niño, Neutral y La Niña (A- C), respectivamente), donde los valores de adecuación (áreas aptas) se representan en gris y los de baja adecuación (áreas no aptas) en verde. Además, se muestran diversos mapas que analizan el MOP en los diferentes episodios El Niño, Neutral y La Niña (D - F), respectivamente), donde los valores de alta similitud ambiental se representan en azul y los de baja similitud ambiental en marrón.

6.4.2 Distribución potencial en Panamá

En el caso de Panamá, la distribución potencial con áreas adecuadas para *A. grandis* en el episodio El Niño fue en la parte oriental (Darién, Panamá) y norte del país (Colón, Coclé, Veraguas y Bocas del Toro). En episodios Neutrales, el área adecuada incluyó las provincias de Darién y Panamá al este, Panamá Oeste, la zona atlántica de Colón, Veraguas y Bocas del Toro, y las áreas centrales de Herrera, Coclé, Veraguas y Chiriquí. Las áreas adecuadas se mantuvieron en el este y oeste de Panamá, Darién, la zona atlántica de Colón, Veraguas y Bocas del Toro, y la zona pacífica de Veraguas y el centro de Chiriquí (Figura 11A). Para *A. serpentina* y *A. obliqua*, las áreas adecuadas cubrieron todo Panamá en todos los episodios (Figura 11B, C). Para *A. striata*, en El Niño, el área adecuada cubrió casi todo Panamá, excepto puntos aislados en Colón y Bocas del Toro. En episodios Neutrales, las zonas adecuadas se ubicaron en las regiones centrales de las provincias de Darién, Panamá, Coclé, Veraguas, Chiriquí y Bocas del Toro, y al sur en Los Santos. En episodios de La Niña,

las áreas adecuadas fueron el este de Darién, el centro de Panamá y las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos, Veraguas, Chiriquí y Bocas del Toro (Figura 11D).

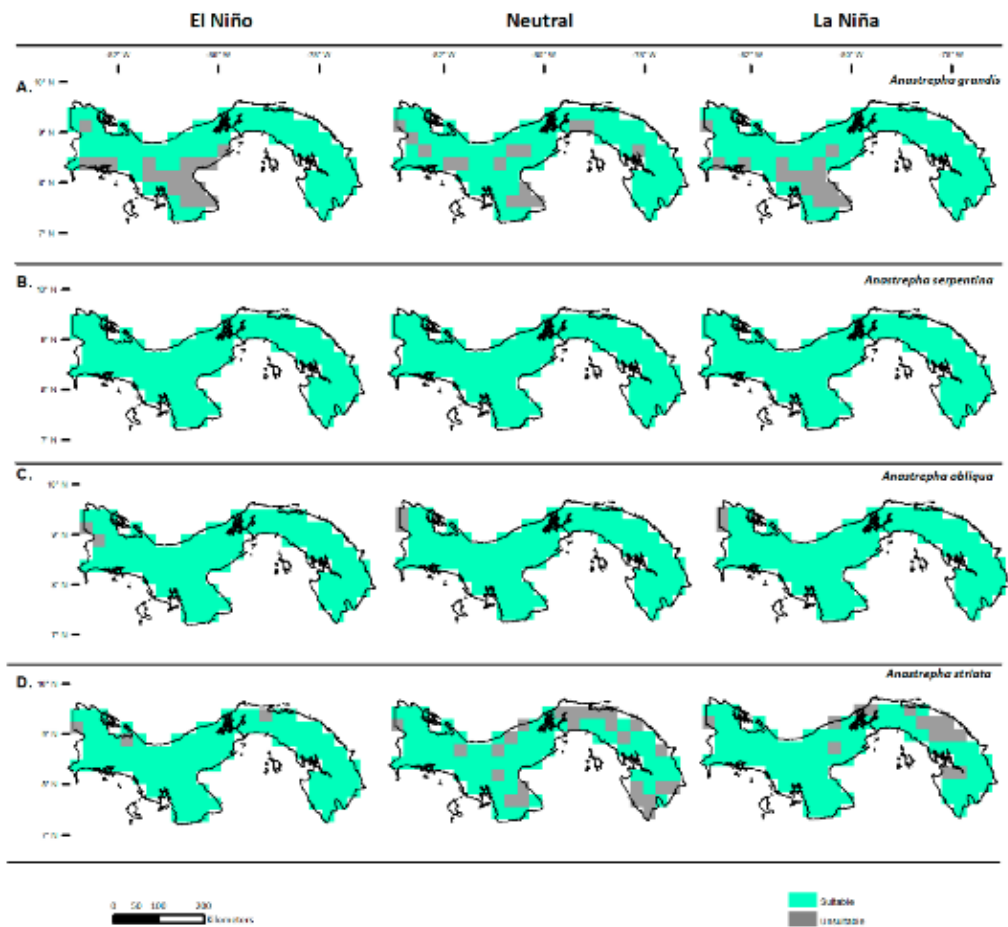


Figura 11. Distribución potencial de *Anastrepha* spp. en Panamá para los episodios El Niño, Neutral y La Niña: A. *grandis* (A), *A. serpentina* (B), *A. obliqua* (C) y *A. striata* (D). Las áreas adecuadas se muestran en verde y las no adecuadas en gris.

6.4.3 Análisis de paridad orientado al movimiento (MOP)

Al identificar el riesgo de extrapolación de las condiciones de El Niño, Neutral y La Niña, todas las especies presentaron patrones similares, donde la mayor parte del área de proyección presentó similitudes ambientales con el área de calibración (Figura 7D–F). Específicamente, para *A. grandis*, en episodios de El Niño, hubo riesgo de extrapolación en el norte y centro de México, sur de Perú, norte de Chile, noreste de Argentina y centro-este de Brasil. En episodios Neutrales, hubo riesgo de extrapolación en el centro de México, sur de Perú, norte de Chile, noreste de Argentina y Brasil. Para La Niña, identificamos áreas de riesgo de extrapolación en el oeste y este de México, centro-este de Brasil, sur de Perú, norte

de Chile y noreste de Argentina. Para *A. serpentina*, en episodios de El Niño, no hubo riesgo de extrapolación. Para episodios Neutrales, hubo riesgo de extrapolación en el centro-oeste de México, sur de Perú y partes del sur de Argentina. Para los episodios de La Niña, hubo riesgo de extrapolación en el suroeste de México, norte y sur de Guatemala, norte de El Salvador, norte de Belice, norte de Colombia y Venezuela, y centro-este de Brasil (Figura 8D, F). Para *A. obliqua*, en episodios de El Niño, hubo riesgo de extrapolación en el centro-oeste de México, sur de Perú, norte de Chile, norte de Argentina y centro-este de Brasil. Para episodios Neutrales, hubo riesgo de extrapolación en el centro de México y norte de Chile, y para episodios de La Niña, hubo riesgo de extrapolación en gran parte de México, norte de Venezuela, gran parte del centro-este y sur de Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay, sur de Perú y Bolivia, y Chile (Figura 9D, F). Para *A. striata*, en episodios de El Niño, hubo riesgo de extrapolación en el noroeste de México, norte de Venezuela, centro-este de Brasil, sur de Perú y en las costas de Chile y Argentina. En episodios Neutrales, hubo riesgo de extrapolación solo en unos pocos puntos del norte de México, norte de Chile y norte de Argentina. En los episodios La Niña, hubo riesgo de extrapolación en gran parte de México, norte de Venezuela, centro-este y sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina, sur de Perú y Bolivia, y Chile. En los puntos restantes no mencionados por los episodios, no hubo riesgo de extrapolación (Figura 10D, F).

En el análisis MOP, en Panamá, no hubo riesgo de extrapolación en la mayoría de los modelos proyectados de la especie, a excepción de *A. grandis* en episodios Neutrales en la Provincia de Darién (Figura 7E), *A. serpentina* en episodios de El Niño en la Provincia de Darién (Figura 8D), y La Niña en las provincias de Herrera y Los Santos (Figura 8E).

6.4.4 Análisis de los cambios en la idoneidad ambiental en diferentes episodios

Para *A. grandis*, al comparar los episodios Neutral vs. El Niño, se encontró un rango de expansión de 14.72% hacia el norte de México, suroeste de Brasil y Colombia, sur de Perú y gran parte de Chile. Además, el 61.53% del área se mostró como área sin cambios (área ocupada en ambos escenarios), principalmente para la zona del Pacífico, sur de Perú, Chile y Argentina. En la comparación de episodios Neutral vs. La Niña, se encontró una contracción de 16.47% en el norte de México, sureste de Venezuela, centro-este de Brasil, sur de Bolivia y norte de Paraguay y Argentina, con una probabilidad de 59.38% de que no haya cambios en el área ocupada (Figura 12A). Para *A. serpentina* (Figura 12B) se observó

un rango de contracción de 14.11% en episodios Neutral vs. El Niño en el norte de México, noreste de Venezuela, centro-este de Brasil, centro de Bolivia, Paraguay y Argentina, con una probabilidad de 74.57% de que no haya cambios en el área ocupada. En episodios Neutral vs. La Niña, hubo un rango de contracción de 14.38% en el norte de México, centro de Colombia y Perú, y sureste de Brasil, Uruguay y Argentina, con una probabilidad de 74.29% de que no haya cambios en el área ocupada. En *A. obliqua* (Figura 12C), en episodios Neutral vs. El Niño, observamos un área desocupada de 9.77% en partes de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina, y una probabilidad de 86.4% de que no haya cambios en el área ocupada. En episodios Neutral vs. La Niña, hubo un área desocupada de 8.04% en Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile, Argentina y sur de Brasil, con una probabilidad de 86.59% de que no haya cambios en el área ocupada. Para *A. striata* (Figura 12D), en episodios Neutral vs. El Niño, observamos una expansión del rango de 18.91% en gran parte de México, norte de Guatemala y Belice, y centro de Brasil, además de una probabilidad de 66.84% de que no haya cambios en el área ocupada. En episodios Neutral vs. La Niña, hubo una expansión del rango de 22.17% en México, norte de Guatemala y Belice, y centro de Brasil, y una probabilidad de 68.44% de que no haya cambios en el área ocupada (Tabla 4).

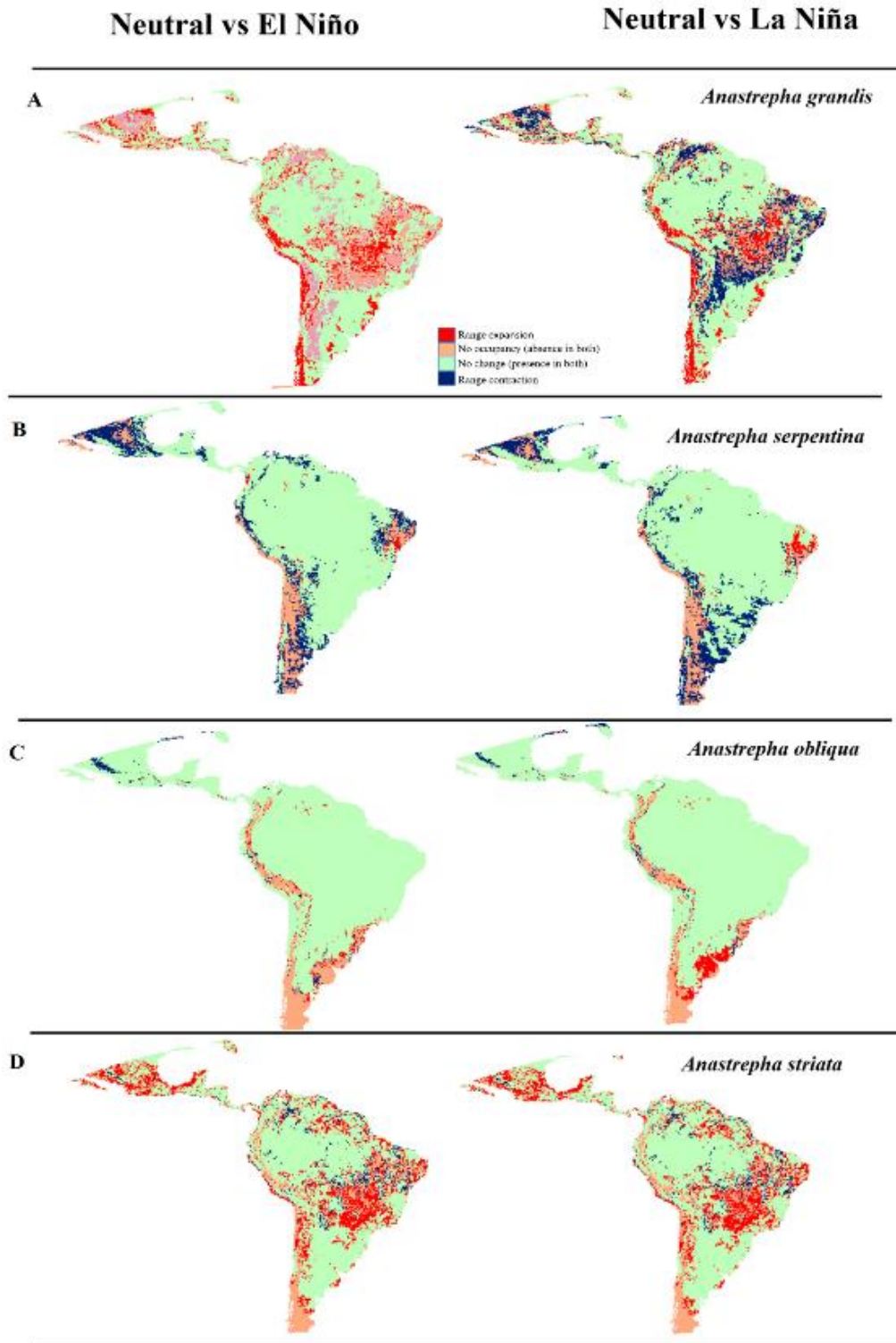


Figura 12. Análisis de los cambios en los rangos de expansión, no ocupación, no cambio y rango de contracción en los diferentes escenarios para cada especie (A)- *A. grandis*, (B)- *A. serpentina*, (C) - *A. obliqua* y (D)- *A. striata*) en la comparación de los episodios Neutral vs. El Niño y Neutral vs. La Niña.

Tabla 4. Porcentajes de idoneidad en el neotrópico para cada especie de *Anastrepha* en la comparación de los episodios Neutral vs El Niño y Neutral vs La Niña.

	A. <i>grandis</i> Neutral vs. Niño	A. <i>grandis</i> Neutral vs. Niña	A. <i>serpentina</i> Neutral vs. Niño	A. <i>serpentina</i> Neutral vs Niña	A. <i>obliqua</i> Neutral vs. Niño	A. <i>obliqua</i> Neutral vs. Niña	A. <i>striata</i> Neutral vs. Niño	A. <i>striata</i> Neutral vs. Niña
Range expansion	14,72	11,74	1.17	1,98	1,99	3.72	18,91	22.17
No occupancy	9.41	12.38	10.14	9.33	9,77	8.04	9.82	6.56
No change	61,53	59.38	74,57	74,29	86.4	86,59	66,84	68,44
Range contaction	14.33	16.47	14.11	14.38	1,77	1.63	4.41	2,89

6.5 DISCUSIÓN

En los últimos años, el estudio de nuevas tecnologías ha permitido realizar planes estratégicos dentro de los sistemas productivos, donde el manejo de información sobre la biodiversidad es importante, ya que estos elementos permiten organizar planes de prevención y control en diversos países, mejorando la seguridad alimentaria en la sociedad [186, 187, 188]. Los resultados de este estudio indican que las especies estudiadas del género *Anastrepha* pueden incrementarse en las áreas nativas a nivel neotropical. En los episodios ENOS (El Niño, Neutro y La Niña), la información generada es importante debido a la limitada investigación sobre especies de este género [189, 190]. Para *A. grandis*, existen reportes de su presencia desde el este de Panamá hasta gran parte de América del Sur, por lo que es importante conocer los lugares con condiciones ambientales adecuadas para su distribución al resto de Centroamérica [191]. En los episodios El Niño y La Niña, los espacios geográficos con condiciones ambientales adecuadas para la distribución potencial fueron similares, donde la variable LST (rango y min) se mostró como la más importante en los modelos. Este resultado podría estar relacionado con la estabilidad de la humedad y temperatura del suelo en áreas boscosas tropicales al momento de la oviposición, eclosión y la disponibilidad de frutas hospedantes y plantas silvestres [191, 192]. Los resultados de este estudio mostraron que las áreas con condiciones adecuadas para estas especies de moscas de la fruta correspondieron a localidades

con climas templados y subhúmedos de Centroamérica y el norte de México. Por lo tanto, las entidades gubernamentales encargadas del control de moscas de la fruta y otras especies de insectos plagas deben tomar medidas que permitan la detención temprana de estas especies y así reducir el riesgo del establecimiento de poblaciones reproductivas [191]. Durante los episodios Neutrales, el modelo mostró un aumento de espacios geográficos con condiciones adecuadas en el centro de la Amazonía. Esto podría estar relacionado con fluctuaciones en las temperaturas medias y bajas de esta región, que benefician los procesos biológicos de eclosión y desarrollo larvario de *A. grandis* [192]. En Panamá, esta especie podría habitar bosques tropicales, donde podría expandirse hacia zonas productivas adecuadas, según los resultados [191, 192, 193].

Los resultados del análisis MOP para *A. grandis* mostraron una alta similitud ambiental entre las áreas de calibración y proyección en los diferentes episodios que podría favorecer la expansión latitudinal y altitudinal de la distribución geográfica de la especie. Este patrón se debe potencialmente a la alta variabilidad climática en las temperaturas medias en las regiones de Centroamérica y centro de Sudamérica donde hay mayor concentración de bosques tropicales, y con poco riesgo de extrapolación en el centro de México y Panamá debido a sus zonas áridas [193, 194, 195]. Al comparar episodios Neutros vs. El Niño, la distribución potencial de *A. grandis* podría expandirse debido a que la biología de la especie responde bien a las temperaturas medias en el norte de Centroamérica, donde hay sabanas y bosques templados, similar a las regiones sudamericanas con bosques de sabanas templadas y semiáridas en las que las temperaturas suaves y las pocas precipitaciones favorecen la expansión de esta especie [196, 197]. Los cambios observados en los episodios Neutral vs La Niña provocarían una contracción en las especies posiblemente asociada a las altas temperaturas en el norte de México, por sus zonas secas y baja humedad, afectando la reproducción de las especies de la misma forma que en Sudamérica por las condiciones semiáridas con altas temperaturas en la Amazonía occidental y condiciones semiáridas en Argentina [198, 199].

Para *A. serpentina*, la distribución potencial en los episodios El Niño y La Niña podría interpretarse de acuerdo al modelo basado en la variable climática PRECIP (rango y min), donde en zonas áridas y con poca precipitación, como el norte de México y los países del Cono Sur, existe poca probabilidad de establecimiento de esta especie [200, 201, 202]. En los episodios Neutros, el área adecuada podría aumentar debido a la precipitación media en el

neotrópico ya que los procesos biológicos asociados a la especie se adaptan mejor con una humedad de campo adecuada [201]. Al proyectar análisis MOP en episodios Neutros y El Niño, las condiciones ambientales podrían ser similares ya que, al mantener el régimen de precipitación media en el neotrópico, la especie aumenta su distribución [200]. En episodios La Niña, la similitud ambiental es menor ya que el aumento o variación en la cantidad de lluvia en el centro-este de Brasil afecta la reproducción de la especie debido a la muerte de machos [201, 202, 203]. En Panamá, las zonas aptas con similitudes ambientales son altas, lo que no afectaría los patrones de distribución de la especie, donde el paisaje natural y la orografía probablemente mantienen buenas condiciones de humedad en el ambiente [204]. Al comparar los episodios Neutro vs. El Niño, la distribución potencial podría contraerse en el norte de México, parte de las zonas costeras del Pacífico central y el Cono Sur por sus condiciones áridas o falta de lluvias, afectando la eclosión y longevidad de la especie [204, 205]. Al comparar los episodios Neutro y La Niña, podría haber una contracción en la distribución debido a las bajas precipitaciones producidas en la costa atlántica mexicana y gran parte del Cono Sur, lo que afecta la oviposición de huevos y el desarrollo de pupas por falta de humedad [14, 205, 206]. Para *A. obliqua*, una de las especies más polípagas de este género, la variable climática LST (rango y min), según el modelo, podría influir en la distribución potencial en los episodios de El Niño y La Niña, ya que se adapta a un amplio rango de temperaturas, colonizando casi todo el neotrópico, con innumerables hospederos, limitada únicamente por las altas temperaturas y la competencia entre especies y depredadores, por lo que su desarrollo puede retrasarse o acelerarse [207]. A nivel ecológico, las zonas con gran altitud, así como climas fríos, reducen su distribución, como la Cordillera de México, los Andes en Sudamérica y las partes más frías del Cono Sur [208, 209]. En episodios Neutrales, la posible ampliación de áreas adecuadas de distribución en el norte de Centroamérica podría deberse a la estabilidad en temperaturas y al mayor rango de hospederos frutales, que benefician la reproducción de esta especie [209]. Observando el análisis MOP, en los episodios El Niño, Neutral y La Niña, las zonas con mayor similitud ambiental entre las áreas de calibración y proyección fueron de episodios Neutrales, que favorecen la mayor distribución de la especie por sus características de adaptación a variaciones en temperaturas [207]. En los episodios El Niño y La Niña, la similitud ambiental se reduce en partes de México por sus climas cálidos, secos y muy húmedos, en el este y sur de Brasil por climas secos, y en Argentina por su clima frío, que perjudica la oviposición de los huevos de esta especie [207, 209]. En Panamá, el área de distribución potencial y similitud ambiental

presenta zonas adecuadas en su geografía, que podrían promover la reproducción (variedad de hospederos y condiciones adecuadas) en el país por su temperatura adecuada (30 °C) y humedad (98%) [210, 211]. Los cambios observados para los episodios Neutro vs. El Niño mostraron que la distribución potencial de la especie no incluiría a los Andes ni a Argentina; esto podría estar relacionado con las bajas temperaturas y los pocos hospederos naturales presentes en estas áreas [14, 139]. En la comparación de Neutral vs La Niña, ambos presentaron el mismo patrón que El Niño, sin incluir en sus áreas de distribución potencial aquellas con climas fríos, afectando todos los patrones de reproducción [207, 208, 209, 210, 211, 212].

Para *A. striata*, mejor conocida como mosca de la guayaba, la distribución potencial podría estar influenciada por la variable climática LST (mín y máx), de acuerdo al modelo proyectado, ya que los episodios El Niño y La Niña presentan patrones de distribución similares. Estimamos que la especie se adapta a varios rangos de temperaturas entre 18 °C y 30 °C y buena humedad del suelo en todo el neotrópico, a excepción de las regiones montañosas de los Andes y los humedales de Brasil [213, 214, 215]. En episodios Neutrales, las áreas de distribución potencial se reducen en el centro de México debido a sus zonas desérticas con altas temperaturas y en el norte de Brasil, en las zonas selváticas de la Amazonía con altas temperaturas y alta humedad, que inciden en la eclosión y muerte de los adultos [213]. En Panamá, para los episodios El Niño, el área de distribución potencial es amplia, lo que nos indica que la especie se adapta a varios rangos de temperatura tropical no muy húmedos. En episodios Neutros y La Niña, las áreas de distribución potencial se limitan únicamente a zonas costeras por sus altas temperaturas y baja humedad, lo que perjudica la reproducción de la especie [215]. Al revisar los mapas MOP en episodios Neutros, existe una alta similitud ambiental respecto al área de distribución. La especie puede adaptarse a variaciones de clima, temperaturas y humedad tropical, excepto en zonas muy altas [213, 214]. Durante El Niño y La Niña, existe un alto riesgo de extrapolación de la especie en el noroeste de México y sur de Brasil, Uruguay, Paraguay, Chile y Argentina, ya que las áreas de similitud ambiental son bajas, y la especie no puede estar presente por las condiciones climáticas de temperaturas adversas para su reproducción [189]. Los cambios observados para los episodios Neutral vs El Niño y Neutral vs La Niña podrían presentar un incremento en las áreas de expansión en el centro de México debido a sus condiciones semicálidas y tropicales, lugares donde las temperaturas son altas, como zonas desérticas y zonas costeras tropicales, zonas secas en Venezuela y bosques tropicales en el centro-este de Brasil, lo que demuestra la gran adaptabilidad de *A. striata* en su fase adulta a altas temperaturas

[213, 214]. Lo mismo sucede en Panamá, donde el rango de expansión es hacia las zonas montañosas tropicales en las costas del Atlántico y Pacífico, donde las temperaturas y la humedad son altas, lo que beneficia la reproducción de la especie durante su fase de dispersión en búsqueda de hospederos [122, 213, 214, 215, 216, 27].

6.6 CONCLUSIÓN

Existe evidencia que indica que los cambios en las temperaturas y las precipitaciones causados por el ciclo ENOS provocan cambios en la distribución potencial de las especies de insectos al influir en la estructura comunitaria y la dinámica poblacional. Estas anomalías inducidas por los episodios de El Niño, Neutral y La Niña generan cambios en la distribución potencial de las especies de *Anastrepha* en el neotrópico. La metodología de modelación aplicada es eficiente al realizar las métricas estadísticas adecuadas y hace más accesible las simulaciones en los sistemas preventivos, indicando áreas de mayor o menor riesgo de distribución. Además, esta investigación aporta información para su uso, en los sistemas de vigilancia fitosanitaria de los países con áreas donde pudieran establecerse estas plagas de moscas de la fruta. A nivel nacional e internacional se orienta en la elaboración de políticas y toma de decisiones sobre planes de manejo integrado según principios de agricultura sostenible.

**7. CAPÍTULO III.
INCIDENCIA DEL CICLO EL NIÑO-
OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)
SOBRE EL NICHOS FUNDAMENTAL
EXISTENTE, SOLAPAMIENTO
AMBIENTAL Y RIESGO DE
ESTABLECIMIENTO DE ALGUNAS
ESPECIES DE ANASTREPHA
(DIPTERA-TEPHRITIDAE) DE
IMPORTANCIA
HORTOFRUTÍCOLA EN EL
NEOTRÓPICO Y PANAMÁ**

7.CAPÍTULO III.

INCIDENCIA DEL CICLO EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS) SOBRE EL NICHO FUNDAMENTAL EXISTENTE, SOLAPAMIENTO AMBIENTAL Y RIESGO DE ESTABLECIMIENTO DE ALGUNAS ESPECIES DE ANASTREPHA (DIPTERA-TEPHRITIDAE) DE IMPORTANCIA HORTOFRUTÍCOLA EN EL NEOTRÓPICO Y PANAMÁ

7.1. RESUMEN

Para comparar el espacio ambiental de cuatro especies de *Anastrepha* en diferentes episodios ENOS (El Niño, El Neutro y La Niña), construimos modelos de nicho ecológico con el software NicheA. Analizamos el nicho fundamental y los mapas combinados de riesgo de establecimiento de estas especies desarrollados con el geoproceso combine de ArcGisPro. Una comparación de los elipsoides que representan el nicho fundamental existente para las especies mostró cambios en los episodios El Niño, El Neutro y La Niña. Para *A. grandis* en los episodios El Niño vs. El Neutro, hubo un índice de Jaccard de 0.3841, mientras que la comparación entre los episodios La Niña vs. El Neutro presentó un índice de Jaccard de 0.6192. *A. serpentina* en los episodios El Niño vs. El Neutro y La Niña vs. El Neutro presentó índices de Jaccard de 0.3281 y 0.6328, respectivamente. Para *A. obliqua*, la comparación entre los episodios El Niño vs. El Neutro y La Niña vs. El Neutro presentaron índices de Jaccard de 0,3518 y 0,7472, respectivamente. Para *A. striata*, las comparaciones entre los episodios El Niño vs. El Neutro y La Niña vs. El Neutro presentaron índices de Jaccard de 0,3325 y 0,6022, respectivamente. Al estudiar la comparación entre las especies de *Anastrepha* y los diferentes episodios climáticos ENOS, encontramos que en el episodio El Niño, las comparaciones con mejor similitud ambiental fueron *A. obliqua* vs. *A. striata* y *A. obliqua* vs. *A. serpentina*, con índices de Jaccard más altos (0,6064 y 0,6316, respectivamente). En el episodio El Neutro, las comparaciones con mejor similitud ambiental fueron *A. serpentina* vs. *A. striata* y *A. obliqua* vs. *A. striata*, las cuales presentaron mayores índices de Jaccard (0,4616 y 0,6411, respectivamente). En el episodio La Niña, las comparaciones que presentaron mejor similitud ambiental fueron *A. obliqua* vs. *A. serpentina* y *A. obliqua* vs. *A. striata*, con mayores índices de Jaccard (0,5982 y

0,6228, respectivamente). Asimismo, nuestros resultados presentan los mapas de riesgo para el establecimiento de estas especies a lo largo del Neotrópico, permitiéndonos predecir el nivel de riesgo para desarrollar planes de manejo integrado de plagas.

Palabras clave. *Anastrepha grandis*, *A. serpentina*, *A. obliqua*, *A. striata*, distribución

7.2 INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre cómo varían las condiciones ambientales a diferentes escalas temporales y espaciales se han incrementado en los últimos años [30, 31, 217]. Se argumenta que el uso de la palabra “nicho” en un contexto ecológico tiene bases teóricas, desde 1917 hasta la actualidad [218, 219, 24, 220, 221]. Por esta razón, los estudios de nicho se actualizan y evolucionan constantemente, y las especies de insectos de la familia Tephritidae, ante esta variabilidad climática, pueden variar sus patrones de establecimiento ya que habitan una gran variedad de ambientes [10]. La familia Tephritidae, a la que pertenece la mosca de la fruta, es la de mayor importancia económica, comprendiendo aproximadamente 4000 especies distribuidas en zonas tropicales y subtropicales [128,129, 130]. Las conocidas como moscas de la fruta pertenecen a varios géneros, entre ellos *Dacus*, *Rhagoletis*, *Ceratitis*, *Bactrocera*, *Anastrepha* y *Zeugodacus* [131,132]. Siete especies de *Anastrepha* son económicamente importantes en la región Neotropical debido a su amplio rango de plantas hospedantes comerciales y distribución. Estas especies incluyen *Anastrepha ludens* (Loew) (mosca de la fruta mexicana), *A. obliqua* (Macquart) (mosca de la fruta de las Indias Occidentales), *A. fraterculus* (Wiedemann) (mosca de la fruta sudamericana), *A. suspensa* (Loew) (mosca de la fruta del Caribe), *A. serpentina* (Wiedemann) (mosca de las sapotaceae), *A. striata* Schiner (mosca de la guayaba) y *A. grandis* (Macquart) (mosca del melón) [222]. Estas moscas causan daño físico directo a la pulpa de la fruta debido a las larvas y daño secundario causado por la entrada de microorganismos patógenos. También existen implicaciones indirectas, como medidas de cuarentena y restricciones a la exportación, limitando así el desarrollo de varias economías dedicadas a la producción de frutas [15, 136, 137, 138].

Los insectos son vulnerables a la variabilidad climática extrema y a las fluctuaciones en los componentes climáticos, como la temperatura y la precipitación, durante ciertos períodos de tiempo [14]. Las olas de calor y las variaciones estacionales de temperatura afectan el desarrollo, el movimiento, la reproducción y el comportamiento de muchos organismos [223]. En los últimos años, los insectos se han convertido en un buen modelo para evaluar la relación entre las variaciones de la temperatura ambiental y varios rasgos de su historia de vida [198]. Esto ha permitido a los investigadores predecir sus respuestas al calentamiento global y comprender los mecanismos fisiológicos que les permiten hacer frente a las variaciones de temperatura, como los cambios en la respiración, el uso de antioxidantes y ciertas proteínas que los protegen del calor [224]. Además, se han determinado los efectos sobre sus ciclos de vida,

composición genética, hibridación, distribución y abundancia poblacional [225]. Esto es particularmente cierto para los miembros de la familia Tephritidae, que habitan una amplia variedad de ambientes [128, 129, 130]. En los últimos años, la producción de frutas y hortalizas se ha intensificado considerablemente debido a los nuevos patrones de la economía internacional (caracterizada por la globalización de los mercados y el desarrollo tecnológico), los cambios en los patrones de consumo y la competencia entre los diferentes actores involucrados [18]. La superficie cosechada de frutas y hortalizas ha crecido a nivel mundial en los últimos 30 años, alcanzando una tasa de crecimiento anual promedio (TCA) de 3.33% entre 1990 y 2019 [19, 20, 21].

Estudios recientes del Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico (LOMA) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (ANOA) proyectan variaciones en el ciclo El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) debido a la acumulación de gases de efecto invernadero. El efecto invernadero predice impactos climáticos globales sobre las temperaturas y la precipitación hacia la segunda mitad del siglo XXI [226]. Además, un patrón futuro de cambios en la temperatura superficial del mar (TSM) igual al fenómeno de La Niña aumentará el gradiente de temperatura zonal y la retroalimentación advectiva zonal en el Pacífico ecuatorial central, aumentando potencialmente la frecuencia y amplitud de episodios fuertes del fenómeno de El Niño [227]. Se espera que, durante los próximos años, la variabilidad climática provoque alteraciones en la distribución geográfica de los insectos debido al reordenamiento de las zonas climáticas [116,117]. Por lo tanto, la magnitud de estos impactos estará asociada al fenómeno de la variabilidad climática. Las regiones de América Latina, América del Sur y el Caribe se encuentran entre las áreas más vulnerables a la variabilidad climática, ya que la mayoría de las especies que habitan allí son endémicas o restringidas a un ecosistema tropical específico [17, 118, 119, 120]. Las evaluaciones de cómo el espacio ambiental disponible para una especie puede cambiar ante la variabilidad climática pueden utilizarse para mejorar los planes de manejo integrado de plagas (MIP) y los sistemas de producción en diferentes países. Por lo tanto, es relevante comprender el impacto del ENOS sobre el nicho ecológico de las especies *de Anastrepha* en el neotrópico y Panamá. Debido a lo anterior, hemos desarrollado trabajos sobre la distribución potencial de estas especies con el fin de formar grupos de trabajos sobre este tema y fortalecer sus aplicaciones en el ámbito científico [43].

7.3 MATERIALES Y MÉTODOS

7.3.1 Área de Investigación

El área de estudio se definió en el Neotrópico americano debido a la importancia económica de las actividades hortofrutícolas y las presencias de las especies a estudiar [203, 228, 229, 230]. Para los análisis espaciales se utilizaron los mapas de ecorregiones del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), y se definió el área de extensión entre las latitudes 30° N y 30° S [43, 145, 146, 147, 148, 149].

7.3.2 Presencia de especies

Utilizamos cuatro especies del género *Anastrepha* como modelos de estudio (*A. grandis*, *A. serpentina*, *A. obliqua* y *A. striata*) debido a su importancia en la hortofrutícola a nivel neotropical y la necesidad de comprender sus requerimientos ambientales [43, 154, 155, 16]. Obtuvimos registros de la presencia de estas especies de las siguientes fuentes: Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Species Link, Centre for International Agricultural Bioscience (CABI) y la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) [43, 156, 157].

7.3.3 Datos climáticos

Analizamos información climática en el Océano Pacífico de agencias especializadas en fenómenos de variabilidad atmosférica, que son la causa de incertidumbre en los patrones ambientales en la actualidad [43]. Las agencias incluyeron NOAA en Estados Unidos (National Weather Service, Los Angeles, CA, EUA, 2018), la Oficina Meteorológica del Gobierno de Australia (Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia, 2018) y el Centro Climático de Tokio en Japón (Japan Meteorological Agency, Tokio, Japón, 2019). La información analizada de 2000 a 2019 permitió a estas 3 agencias llegar a un consenso: 5 episodios de El Niño, 3 episodios Neutrales y 6 episodios de La Niña [43]. Estos episodios se caracterizaron mediante cuatro ráster (mínimo, máximo, medio y rango), para los cuales cada una de las capas ambientales incluía el índice de vegetación mejorado (EVI, mensual Modis-Terra MOD 11C2v006), la temperatura de la superficie terrestre (LST, mensual Modis-Terra MOD 11C3v006), la tasa de precipitación en tiempo casi real (NRTPR, 3 h TRMM 3B42RTv7) y el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI, mensual Modis-Terra MOD 11C2v006). Seleccionamos estas variables con base en el conocimiento de la biología e historia natural de

las especies, y se crearon 16 capas ambientales para cada episodio con una resolución espacial de 0,25° o 25 km en el ecuador, lo que nos permitió evaluar el comportamiento de los episodios del ciclo ENOS [158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166].

7.3.4 Caracterización del nicho fundamental existente

Para comparar el espacio ambiental de las cuatro especies *de Anastrepha* en los diferentes episodios ENOS (El Niño, El Neutro y La Niña), construimos modelos de nicho ecológico con el software NicheA ver 3.0, definiéndolos como elipsoides de volumen mínimo sobre un fondo ambiental representado por una nube de puntos en un plano enrejado tridimensional. NicheA primero representa el espacio estudiado y construye elipsoides con las presencias disponibles como aproximaciones de todos los ambientes adecuados de una especie [174 ,175]. Al proyectar este fondo ecológico con las 16 variables ambientales de cada episodio, se construyeron 8 conjuntos de datos utilizando los siguientes criterios de selección: todas las variables (conjunto 1); un análisis del coeficiente de correlación de Pearson para reducir la colinealidad (conjunto 2) [164], donde las variables con un valor de correlación $>|0.8|$ fueron eliminadas utilizando el paquete corrplot del software estadístico R 3.6.0 [165 ,166]; un análisis Jackknife en MaxEnt [173] para evaluar la contribución individual de variables sin autocorrelación espacial a los modelos, que incluyeron variables que contribuyeron $\geq 80\%$ (conjunto 3) [166]; variables con un factor de inflación de varianza (VIF) < 10 (conjunto 4); todas las variables relacionadas con el NDVI (conjunto 5); todas las variables relacionadas con el EVI (conjunto 6); todas las variables relacionadas con LST (conjunto 7); y todas las variables relacionadas con la precipitación (conjunto 8). El conjunto de datos ambientales que cumplió con la selección de parametrizaciones óptimas según el paquete Kuenm [12] fue seccionado para representar el espacio ambiental de las especies en cada episodio climático. Posteriormente, estos fueron cortados a la extensión de la región neotropical, siendo normalizados individualmente para evitar el efecto de la escala de cada uno de ellos en la representación 3D (secuencia en el software NicheA [32]: `>> Toolbox >> Utility Functions >> Normalisation/standardisation of variables`), y con estos, se creó un análisis de componentes principales (PCA) (secuencia en el software NicheA: `NicheA >> Toolbox >> Background data > Component analysis main`). Finalmente, este PCA fue subido a NicheA para generar el fondo en la representación 3D (secuencia en el software NicheA: `NicheA >> Toolbox >> Background data >> Draw Background Cloud Folder`).

Al caracterizar los nichos de las especies en cada uno de los episodios ENOS, se cargaron las presencias (secuencia en el software NicheA: NicheA >> Toolbox >> Niche Appearance >> Generate N(s) from happencess) para diseñar la carpeta correspondiente que contenía los atributos del nicho para cada especie en cada contexto. Posteriormente, la carpeta resultante se cargó en segundo plano (secuencia en el software NicheA: NicheA >> Toolbox >> Niche Appearance >> Open N(s)) para describir gráficamente el nicho a través de un elipsoide de volumen mínimo que representa el nicho fundamental, y los puntos representan los valores ambientales de los episodios. Para evaluar si hubo cambios en los nichos de las especies, en los diferentes episodios evaluados, se montaron los espacios ambientales de cada una de estas especies construidos en los diferentes episodios sobre el fondo del episodio El Neutro, que se tomó como referencia para todas las comparaciones de especies. El resultado fueron tres elipsoides de mínimo volumen para cada especie: uno para el episodio de El Niño, otro para La Niña y otro para condiciones Neutrales promedio. La comparación se realizó utilizando la función de superposición de nichos (secuencia en el software NicheA: NicheA >> Toolbox >> Niche Analysis Tools >> Quantify Niche Overlap), que realiza contrastes pareados calculando los volúmenes de los elipsoides y la porción de estos que se superponen en el espacio multidimensional. Además, se utilizó un índice de Jaccard modificado para cuantificar la superposición de nichos.

7.3.5 Mapas de riesgo de establecimiento

Los mapas de riesgo de establecimiento se crearon con el producto de mapas binarios que representaban la distribución potencial de cada especie en cada episodio climático [43, 144, 176, 177, 231,]. Al desarrollar mapas combinados mediante el geoproceso combine de ArcGisPro [232, 233], este proceso generó una tabla de información para cada ráster creado. Utilizando las combinaciones del episodio Neutro, que es el que presenta el mayor número de combinaciones, se produjo la lista de clases y se utilizó para reclasificar los tres ráster mediante el geoproceso reclasificar. Se intentó establecer un orden con base en los nombres de las especies (*A. grandis*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata*) de acuerdo al orden en que se combinaron. Con esto se establecieron 16 combinaciones posibles, que luego fueron numeradas para su reclasificación. Se obtuvieron nuevos valores de reclasificación, con los cuales se reclasificaron las formas o capas. Al convertir las capas ráster clasificadas a formato vectorial o de archivos de formas para trabajar mejor en la disposición o agrupación de clases, se utilizó el geoproceso de ráster a polígono. Al convertir a datos vectoriales o archivos de formas, se

generaron miles de polígonos para las 16 clases. Después de obtener los archivos de formas, los polígonos generados se disolvieron utilizando el geoproceto de disolución. Luego se agregaron nuevos campos a las tablas de datos de las tres formas disueltas para describir las 16 clases y crear nuevos mapas para el neotrópico y Panamá [181, 234, 235].

7.4 RESULTADOS

7.4.1 Nicho fundamental

La comparación de los elipsoides que representan el nicho fundamental existente para las especies mostró cambios en los episodios El Niño, El Neutro y La Niña. Para *A. grandis* en los episodios El Niño vs. El Neutro presento un índice de Jaccard de 0.3841, mientras que la comparación entre los episodios La Niña vs. El Neutro presentó un índice de Jaccard de 0.6192 (Figura 13 A). *Anastrepha serpentina* en los episodios El Niño vs. El Neutro y La Niña vs. El Neutro presentó índices de Jaccard de 0.3281 y 0.6328, respectivamente (Figura 13 B). Para *A. obliqua* la comparación entre los episodios El Niño vs. El Neutro y La Niña vs. El Neutro presentó índices de Jaccard de 0.3518 y 0.7472, respectivamente (Figura 13 C). Para *A. striata*, las comparaciones entre los episodios de El Niño vs. El Neutro y La Niña vs. El Neutro presentaron índices de Jaccard de 0,3325 y 0,6022, respectivamente (Figura 13 D).

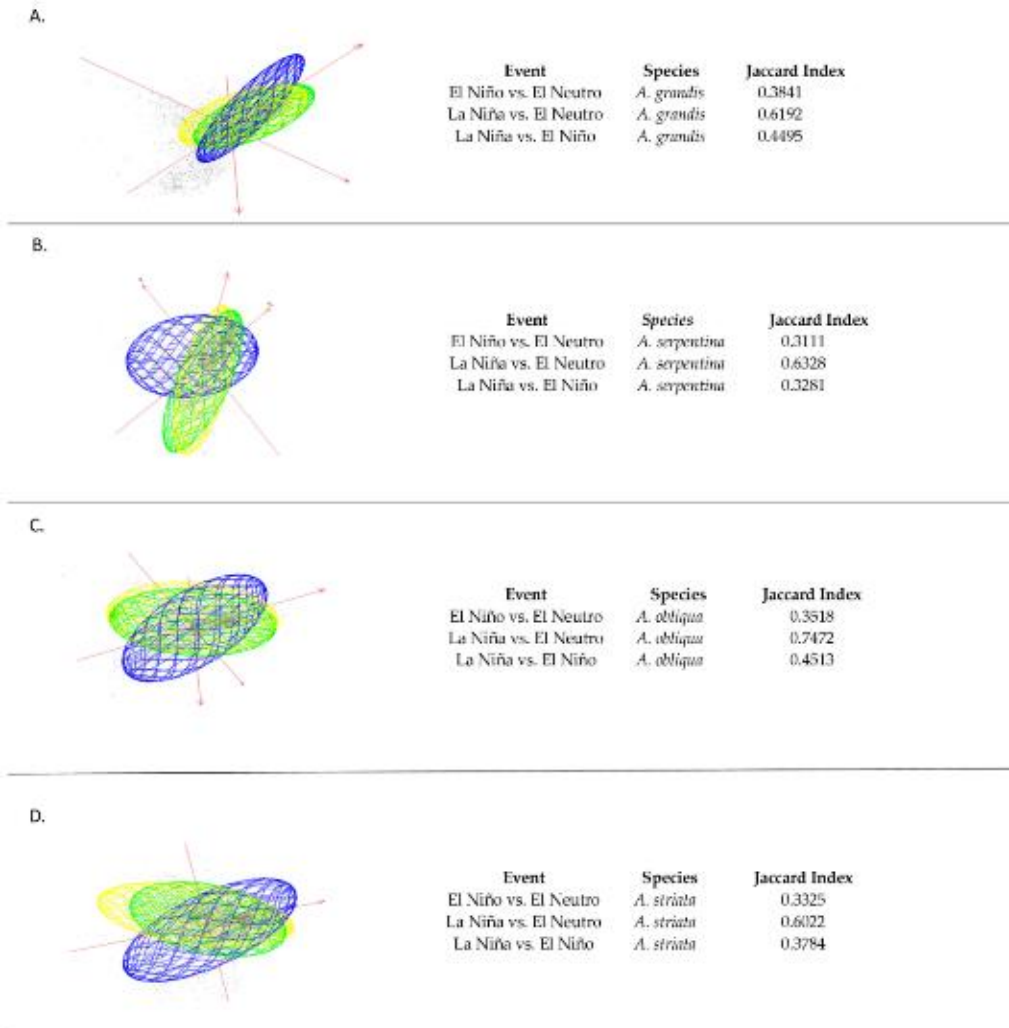


Figura 13. Modelos de nicho ecológico estimados para *Anastrepha grandis* (A), *A. serpentina* (B), *A. obliqua* (C) y *A. striata* (D) y su superposición en el espacio ambiental. Los ejes son los componentes principales de las 16 variables bioclimáticas que describen el fondo de condiciones promedio del área de proyección, y los elipsoides representan El Niño (azul), El Neutro (amarillo), La Niña (verde) y nichos en las respectivas condiciones promedio.

7.4.2 Comparación entre las especies

Al realizar la comparación entre las especies de *Anastrepha* y los diferentes episodios climáticos ENOS, encontramos que en el episodio El Niño, las comparaciones con mejor similitud ambiental fueron *A. obliqua* vs. *A. striata* y *A. obliqua* vs. *A. serpentina*, con mayores índices de Jaccard (0,6064 y 0,6316, respectivamente) (Figura 14A). En el episodio El Neutro, las comparaciones con mejor similitud ambiental fueron *A. serpentina* vs. *A. striata* y *A. obliqua* vs. *A. striata*, las cuales presentaron mayores índices de Jaccard (0,4616 y 0,6411, respectivamente) (Figura 14B). En el episodio de La Niña, las comparaciones que presentaron

mejor similitud ambiental fueron *A. obliqua* vs. *A. serpentina* y *A. obliqua* vs. *A. striata*, con índices de Jaccard más altos (0,5982 y 0,6228, respectivamente) (Figura 14C).

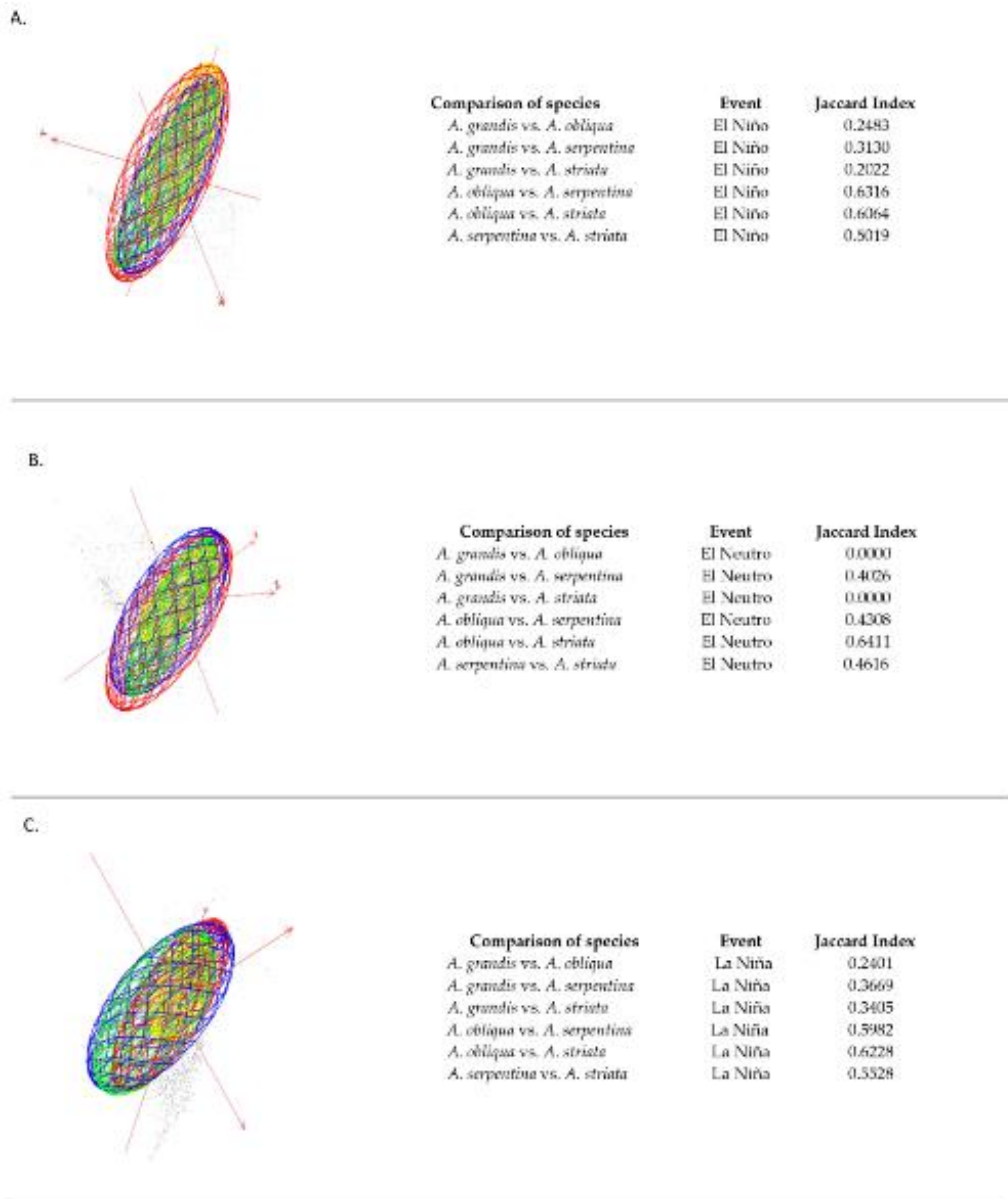


Figura 14. Modelos de nicho ecológico estimados para especies de *Anastrepha* y superposición en el espacio ambiental. Los ejes son componentes principales de 16 variables bioclimáticas que describen el contexto de las condiciones promedio de las áreas de proyección de El Niño (A), El Neutro (B) y La Niña (C), y los elipsoides representan las especies *A. grandis* (amarillo), *A. serpentina* (verde), *A. obliqua* (azul) y *A. striata* (rojo) bajo las respectivas condiciones promedio.

7.4.3 Mapas de riesgo en el neotrópico

Al analizar los mapas de riesgo para el neotrópico, en el episodio El Niño, los niveles de alto riesgo en la combinación de *A. grandis*, *A. obliqua* y *A. striata* se presentaron en el centro de

México, centro de Guatemala, zona costera occidental de Colombia, este de Brasil, zonas costeras de Perú y zona central de Argentina. La combinación de *A. grandis*, *A. serpentina* y *A. striata* se presentó en el occidente de Guatemala, centro de Colombia, sur de Perú, centro occidental de Bolivia, sureste de Brasil, centro sur de Uruguay, centro de Chile y parte central del oriente de Argentina. La combinación de *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* estuvo presente en puntos del norte, oeste y sur de México, costa occidental de Guatemala, norte de Nicaragua, norte de Costa Rica, centro de Panamá, norte de Colombia y Venezuela, centro y sur de Brasil y centro norte de Argentina. El nivel de riesgo muy alto de establecimiento en todas las combinaciones de *A. grandis*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* estuvo presente en el sureste de México, Guatemala, Belice, norte de Honduras, Nicaragua, norte de Costa Rica, gran parte de Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Guyana, Surinam, Brasil, sur de Bolivia, Paraguay, norte de Argentina y Uruguay (Figura 15A).

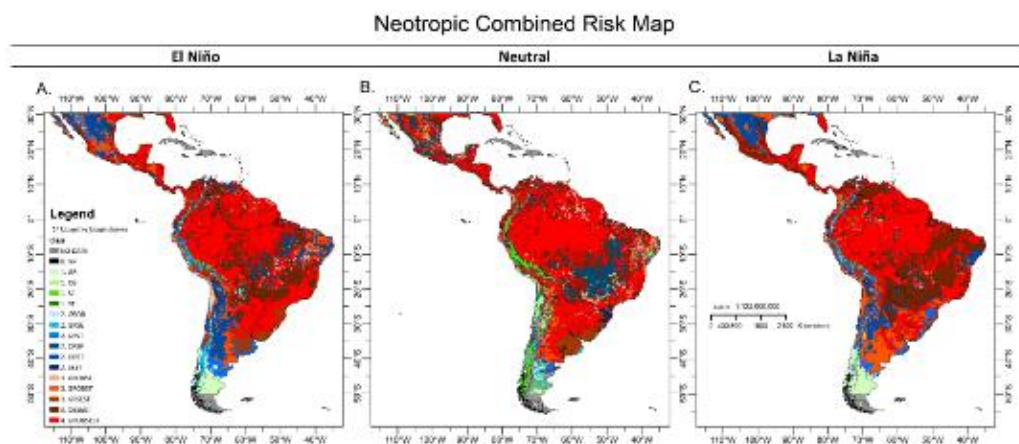


Figura 15. Mapas combinados de riesgo de establecimiento para especies de *Anastrepha* en el Neotrópico americano, en episodios de El Niño (A), El Neutro (B) y La Niña (C). La leyenda especifica lo siguiente: dibujo-borde de países, colores- especie de *Anastrepha*, números-nivel de riesgo de establecimiento, y letras unidas-diferentes especies. Síntesis: gris-Sin Datos, negro-0, NP-Sin Presencia; letras: GR- *A. grandis*, OB- *A. obliqua*, SE- *A. serpentina*, ST- *A. striata*. Los números con diferentes colores representan el nivel de riesgo de establecimiento de la especie: 1, verde-riesgo de establecimiento bajo; 2, tonos de azul bajos a altos-riesgo de establecimiento medio; 3, tonos de naranja bajos a altos-riesgo de establecimiento alto; 4, rojo-riesgo de establecimiento muy alto.

El episodio El Neutro, la combinación de *A. grandis*, *A. obliqua* y *A. serpentina* presentó un alto riesgo de establecimiento en áreas costeras de Yucatán y el oeste de México, centro de Guatemala, centro este de Panamá, puntos del norte de Colombia y Venezuela, norte y sur de Brasil, gran parte de Guyana y sur de Surinam. La combinación de *A. grandis*, *A. obliqua* y *A. striata* se presentó en el centro de México y Guatemala, norte de Perú, este de Brasil, sur de Bolivia y gran parte del centro oeste de Argentina. La combinación de *A. grandis*, *A. serpentina* y *A. striata* se presentó en el noroeste de Guatemala, sur de Perú, gran parte de

Uruguay y este de Argentina, y la combinación de *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* se presentó en gran parte de México, norte de Guatemala, Belice, Honduras, centro de El Salvador y Nicaragua, centro de Costa Rica, centro oeste de Panamá, norte y centro de Colombia y Venezuela, oeste de Ecuador, centro este de Brasil y este de Argentina. Se encontró un nivel de riesgo muy alto de establecimiento en el Neotrópico con la combinación de las cuatro especies en el sur de México, centro de Guatemala y Belice, gran parte de Honduras y Nicaragua, centro de Costa Rica y Panamá, gran parte del centro y sur de Colombia y Venezuela, centro de Guyana, Surinam, Guayana Francesa, centro-norte y sur de Brasil, centro-este de Perú, centro-norte de Bolivia, sureste de Paraguay, centro-norte de Argentina y noroeste de Uruguay (Figura 15B).

En el episodio de La Niña, se presentó un alto riesgo de establecimiento por la combinación de *A. grandis*, *A. obliqua* y *A. striata* en el centro-sur de México, centro de Guatemala, suroeste de Colombia, noreste y zonas costeras de Perú y Chile, suroeste de Brasil, gran parte de Argentina y centro-oeste de Uruguay; por la combinación de *A. grandis*, *A. serpentina* y *A. striata* en el centro de Chile, centro-este de Argentina, sur de Uruguay y Brasil; y por la combinación de *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* en zonas costeras y centrales de México, zonas costeras de Guatemala, Salvador, norte de Nicaragua, centro y noroeste de Costa Rica, centro de Panamá, centro-norte de Colombia y Venezuela, suroeste de Ecuador, centro-oeste y este de Brasil, sur de Bolivia, gran parte de Paraguay y norte de Argentina. Se encontraron combinaciones de muy alto riesgo de establecimiento con todas las especies en zonas centrales y meridionales de México; gran parte de Guatemala, Belice, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá; norte y sur de Colombia y Venezuela; gran parte de Guyana, Surinam y la Guayana Francesa; gran parte del centro-norte y sur de Brasil; Perú; Bolivia; sur de Paraguay y centro-este de Brasil (Figura 15C).

7.4.4 Mapas de riesgo en Panamá

Al analizar el corte para Panamá, se encontró que se presentaron niveles de riesgo medio de establecimiento en el episodio de El Niño con la combinación de *A. grandis* y *A. serpentina* en el oeste de Panamá (Bocas del Toro). Se observó un nivel de riesgo alto con la combinación de *A. grandis*, *A. obliqua* y *A. serpentina* en el centro costero de Bocas del Toro, norte de Colón y San Blas; con la combinación de *A. grandis*, *A. serpentina* y *A. striata* en la parte noroeste de Chiriquí y suroeste de Bocas del Toro; y con la combinación de *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* en el centro-oeste de Bocas del Toro, centro-sur de Chiriquí, zona central de Veraguas,

Herrera, Los Santos y costas de Coclé y Panamá Oeste. Se encontraron niveles de riesgo de establecimiento muy altos con todas las combinaciones de especies en las provincias de Darién, Panamá, Colón, Panamá Oeste, norte de Coclé, norte y sur de Veraguas, sur de Los Santos y gran parte de Bocas del Toro y Chiriquí (Figura 16A).

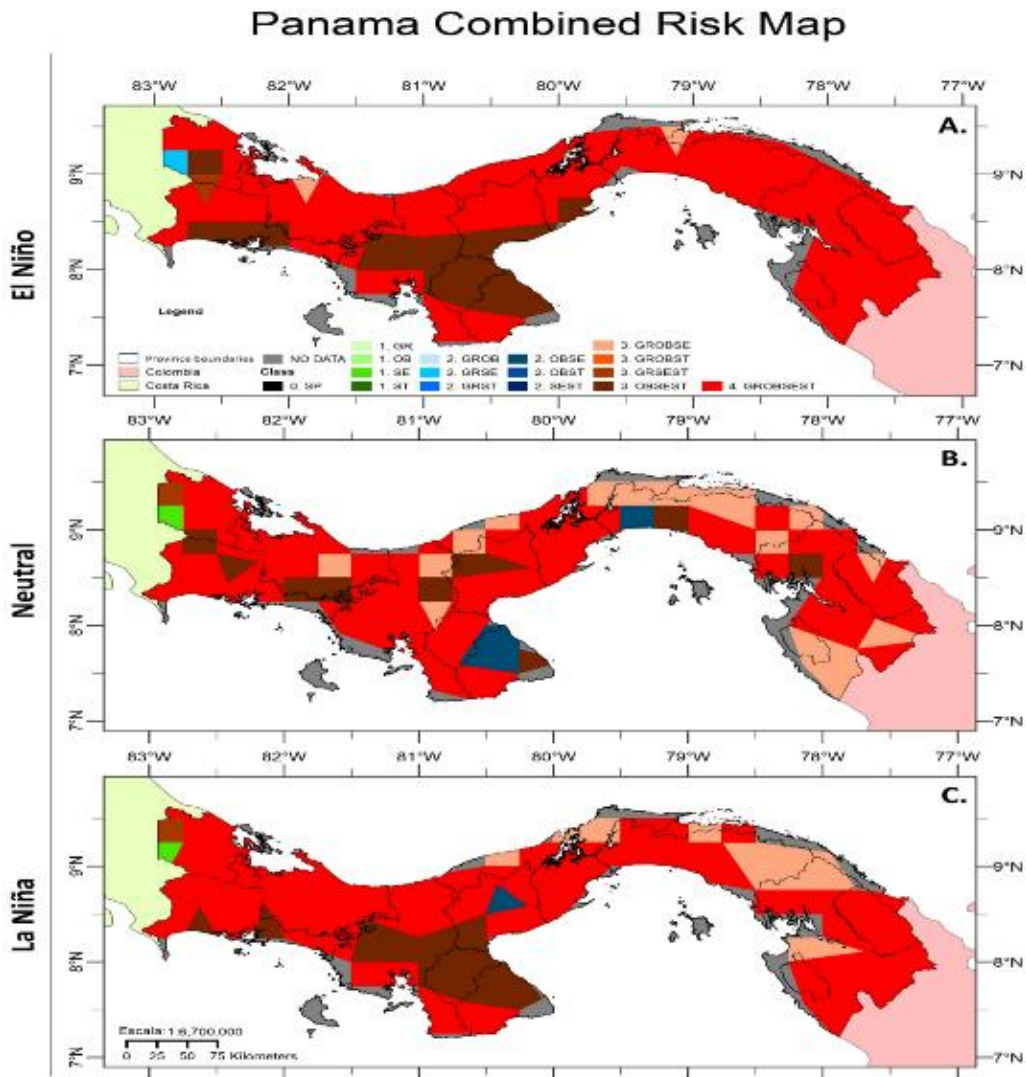


Figura 16. Mapas combinados de riesgo de establecimiento para especies de *Anastrepha* en Panamá en episodios de El Niño (A), El Neutro (B) y La Niña (C). La leyenda especifica lo siguiente: cuadrante blanco—límite de provincias, cuadrante rosado—Colombia, cuadrante crema—Costa Rica, colores— especie de *Anastrepha*, números—nivel de riesgo de establecimiento, letras unidas—las diferentes especies. Síntesis: color gris—Sin datos; color negro—0; SP—Sin presencia; letras: GR— *A. grandis*, OB— *A. obliqua*, SE— *A. serpentina*, ST— *A. striata*. Los números con diferentes colores representan el nivel de riesgo de establecimiento para la especie: 1, verde—riesgo de establecimiento bajo; 2, tonos de azul bajos a altos—riesgo de establecimiento medio; 3, tonos de naranja bajos a altos—riesgo de establecimiento alto; 4, rojo—riesgo de establecimiento muy alto.

En el episodio El Neutro, el nivel de riesgo de establecimiento bajo se presentó para *A. serpentina* en el suroeste de Bocas del Toro, y un nivel de riesgo medio lo presentó la combinación de *A. grandis* y *A. striata* en el centro norte de Los Santos, sur de Herrera y la



costa central de Panamá. Un nivel de riesgo de establecimiento alto lo presentó la combinación de *A. grandis*, *A. obliqua* y *A. serpentina* en el centro-este de Bocas del Toro, norte y centro-sur de Veraguas, suroeste y noreste de Colón, centro-norte de Panamá y San Blas, y algunos puntos del norte y sur de Darién y por la combinación de *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* en el suroeste y este de Bocas del Toro, centro-norte y sur de Chiriquí, centro de Veraguas, noroeste de Coclé, sur de Los Santos, centro costero de Panamá y noroeste de Darién. Un riesgo de establecimiento muy alto en todas las especies se presentó en gran parte del territorio de Chiriquí, Bocas del Toro, Veraguas, Coclé, Herrera, Los Santos, Panamá Occidental, sureste de Panamá y centro-norte de Darién (Figura 16B).

En el episodio de La Niña, un riesgo bajo de establecimiento se presentó por *A. serpentina* en el suroeste de Bocas del Toro, y un nivel de riesgo medio se presentó por la combinación de *A. grandis* y *A. striata* en el centro de Coclé. Un nivel de riesgo alto se presentó por la combinación de *A. grandis*, *A. obliqua* y *A. serpentina* en el noreste y oeste de Colón, centro de San Blas, puntos del centro, este y oeste de Panamá, y centro-norte de Darién. Un riesgo muy alto de establecimiento para todas las especies se presentó en gran parte de Bocas del Toro, Chiriquí, norte y sur de Veraguas, sur de Los Santos y Herrera, gran parte de Coclé, Panamá Oeste, Panamá y Darién (Figura 16C).

7.5 DISCUSIÓN

Los cambios en la distribución y nicho de las especies en relación con la variabilidad climática y los efectos antropogénicos están ocurriendo a pasos agigantados; por lo tanto, los estudios sobre este tema de investigación están adquiriendo cada vez mayor importancia [189,236,237,238]. Caracterizamos los cambios en los nichos fundamentales existentes para cuatro especies del género *Anastrepha* con presencias durante los episodios de El Niño, El Neutro y La Niña y encontramos que estas especies tienen el potencial de ocupar diferentes espacios ecológicos dependiendo del escenario climático ENOS [43, 239, 240, 241]. Es posible que aspectos inherentes a la biología de diferentes especies de *Anastrepha*, como la interacción con variables bióticas, como plantas hospederas, organismos competidores, parasitoides y depredadores, y elementos abióticos locales del área accesible para el establecimiento del insecto, influyan en la amplitud del nicho en respuesta a las variaciones climáticas de una localidad [198, 238]. Existe un vacío de información asociado al hospedante de las especies nativas de *Anastrepha* en Centroamérica ya que estas especies nativas han sido poco estudiadas

y sus parasitoides son desconocidos [242]. Existe un número limitado de investigaciones que evalúan interacciones bióticas y abióticas; en Panamá no existen, y en otras regiones del neotrópico son pocas (México y Colombia) [243]. Nuestros resultados para las cuatro especies mostraron cambios en la configuración de los elipsoides, ya que estas especies pueden adaptarse para sobrevivir. Con estas variaciones ambientales regulando sus funciones fisiológicas, dependiendo de la zona ecológica y de acuerdo al episodio climático, podrían competir por recursos en ciertas localidades que no estaban establecidas previamente [198]. Los resultados demostraron que los nichos de las especies evaluadas comparten ciertas similitudes en la forma y tamaño del espacio ambiental ocupado representado por los elipsoides de volumen mínimo. Estas superposiciones aumentan en episodios El Neutro vs. La Niña, en los cuales estas especies logran mejorar su aptitud principalmente vía reproducción (longevidad, mejor oviposición y huevos fértiles) [189, 244, 245] y por ubicarse en áreas geográficas en el neotrópico con condiciones estables de temperatura y humedad ambiental y con gran biodiversidad de plantas hospedantes específicas y cultivos temporales [246, 247, 248]. Los episodios El Neutro vs El Niño presentaron similitudes en el volumen del nicho, el cual fue cambiando, disminuyendo el traslape. Estos elipsoides representaron solo una porción del nicho fundamental debido al aumento de las temperaturas y condiciones secas y áridas (como zonas desérticas, estepas o cordillera de los Andes), con escasas precipitaciones que restringen la expansión de las especies al afectar su biología reproductiva en diversas etapas (muerte de adultos) y una disminución en el rango de plantas hospederas específicas [189, 249, 250]. A nivel práctico, estos cambios presentados en los diferentes episodios climáticos orientarán y fortalecerán la toma de decisiones en los planes de MIP en el caso de diversas especies de moscas de la fruta del género *Anastrepha*, las cuales son de interés para diversas instituciones asociadas al manejo de plagas a nivel internacional [251]. Algunas especies de moscas de la fruta, como *A. striata*, pueden presentar cierta plasticidad a los cambios en las condiciones climáticas, manteniendo o ampliando su espacio ambiental en diferentes episodios y volviéndose una especie más competitiva por los recursos [198, 252].

El traslape entre las especies de moscas de la fruta estudiadas durante los diferentes episodios ENOS presentaron nichos dentro de un espacio ambiental definido de acuerdo a sus elipsoides. Algunas presentaron mayor o menor traslape, indicando que un cierto número de especies se ven afectadas durante los episodios El Niño y El Neutro al competir por los mismos recursos tróficos si mantienen las mismas plantas hospedantes específicas o alternativas y si

son influenciadas por las mismas condiciones climáticas (temperaturas entre 20 y 30 °C, humedad promedio de 75%) [198,252]. Bajo estos preceptos abióticos y bióticos, *A. obliqua* y *A. striata* mantienen sus mayores capacidades de traslape en diferentes áreas geográficas con base en la teoría de dualidad de Hutchinson, de acuerdo al elipsoide correspondiente a la especie [250, 253]. En el episodio La Niña, especies como *A. serpentina* presentaron cambios en el traslape, lo cual podría deberse a altas temperaturas (35 °C), mayor humedad y precipitación excesiva a nivel ecológico [252, 254]. Toda la información generada y recopilada permite organizar planes de contingencia para el control de plagas de insectos, optimizando así los recursos económicos regionales [255]. Además, estudios previos demuestran que estas especies tienen un alto grado de idoneidad ambiental en el neotrópico, corroborando así el presente estudio [43].

Las bases de datos de especies de insectos a nivel internacional necesitan establecer proyectos que mantengan actualizada la investigación sobre este tema para fortalecer el control preventivo de estas especies *de Anastrepha* [256, 257, 258, 259]. Los mapas que presentan un riesgo muy alto de establecimiento de todas las especies de moscas de la fruta en el episodio de El Niño concuerdan con los bajos niveles de precipitación y temperaturas medias en zonas tropicales y subtropicales. Esto podría deberse a la variabilidad climática que provoca altos niveles de incertidumbre climática, social y económica en la geografía americana, y a la disponibilidad de hospederos frutales en la época que incrementaría el riesgo de establecimiento [259, 260, 261]. Estas variables climáticas al ser de las más importantes a nivel biológico para las especies *de Anastrepha*, tienden a influir en su expansión o contracción a nivel ecológico, lo que afectará a las parcelas frutales y cultivos comerciales de exportación en cosecha y postcosecha, que son las fechas de mayor comercialización [189, 223]. El alto grado de incertidumbre climática de los últimos años con los fenómenos de El Niño y La Niña proyecta diversos análisis en profundidad respecto a los episodios ENOS que justifican el estudio de modelos en periodos cortos debido a los constantes cambios en las temperaturas del Océano Pacífico [223, 260]. Al parecer, estos cambios en los patrones climáticos (precipitación y temperaturas medias estables) aumentan el nivel de riesgo de establecimiento de las especies *de Anastrepha*, permitiéndoles encontrar áreas adecuadas para su reproducción [189, 198, 223 - 263]. Los mapas de riesgo de establecimiento presentados permitirán orientar a instituciones, investigadores y productores en zonas específicas del neotrópico para diseñar

planes de control que eviten el potencial establecimiento de sus poblaciones de acuerdo a un mayor o menor nivel de intensidad de la variable ambiental en el sitio [261, 263, 264].

Las especies de moscas evaluadas aquí tienen un alto riesgo de establecerse a lo largo de Panamá debido a un clima más estable a lo largo de los diferentes episodios del fenómeno de El Niño y su geografía territorial limitada con una flora bastante homogénea que facilita la expansión de estas especies, excepto en lugares muy secos y cálidos en ciertos meses del año cuando la especie *A. grandis* no prosperaría [43, 265, 266]. Estos resultados indican que las especies de moscas de la fruta del género *Anastrepha* no tienen barreras geográficas en esta región del mundo, pero su dispersión está limitada por pequeños cambios en la disponibilidad de espacio ambiental causados por la variabilidad ambiental del ciclo ENSO. Esto se puede analizar con estudios de nicho a pequeñas escalas, que podrían ayudar a tomar mejores decisiones de prevención que alerten a las instituciones responsables de las políticas de seguridad fitosanitaria y de inocuidad alimentaria de un país y así optimizar tiempo y dinero [267].

7.6 CONCLUSIÓN

Los resultados de esta investigación permiten orientar y gestionar planes fitosanitarios preventivos en el MIP de especies de moscas de la fruta del género *Anastrepha* en todo el neotrópico ante la variabilidad climática del ciclo ENOS. Además, esta investigación orienta futuros trabajos de investigación básica y aplicada sobre otras plagas de insectos que atacan a frutales de interés para la comunidad científica internacional cuyos estudios se limitan a temas de nicho. En los últimos años, la variabilidad climática ha cambiado la perspectiva en el campo de la investigación, y este enfoque metodológico ayuda a materializar planes de control de plagas en todo el mundo.

8. DISCUSIÓN GENERAL

8. DISCUSIÓN GENERAL

El estudio de información base, en todos los componentes para generar investigación es de vital importancia y en los últimos años las cooperaciones entre países de América con otros países del mundo, han ido en crecimiento, lo que refleja la importancia en el estudio de plagas, métodos de modelación, distribución de especies, riesgo de invasiones, polinizadores que de una manera fortalecerán los planes ecológicos, de control, prevención y de biodiversidad [76,77]. La variabilidad climática, provocada por el cambio climático nos lleva a analizar, tres grandes clústeres (rojo, azul y verde), presentados en nuestros resultados que sustentan distintos aspectos relevantes en la investigación sobre los conceptos de nicho ecológico y como las especies insectiles podrían responder a los cambios climáticos que a los controladores biológicos nativos, lo que podría beneficiar un aumento en las ocupaciones biológicas y alterar el comportamiento de las especies nativas, favoreciendo los ataques de plagas [78, 80, 81, 83, 84]. En América, existen países como Estados Unidos, Brasil y México, que reflejan una alta actividad de investigación concentrada en esta temática, ya que, debido a su diversidad ecológica y relevancia agrícola, presentan un avance significativo en el estudio de los insectos de importancia agrícola, especialmente en el contexto del cambio climático y los desafíos que estos implican para la agricultura [87, 88]. Estas sinergias entre países americanos con el mundo, aumentaran la visibilidad científica, potenciado el impacto de estos trabajos de modelación, creado planes preventivos alrededor del mundo [91, 92, 94, 95]. El enfoque colaborativo representa una ventaja estratégica, no solo en términos de recursos y financiamiento, sino que incentiva a los investigadores a abordar preguntas más amplias y complejas que no podrían resolverse de forma aislada [97, 98]. Aumentando el interés en la comunidad científica, por conocer los cambios presentados en las especies insectiles, causados por la variabilidad climática afectando directamente las actividades productivas [99, 100, 101].

Nuestros estudios reflejan, que los órdenes de especies insectiles más estudiados, son Diptera y Lepidoptera, ya que presentan impactos muy significativos en la agricultura y ecología americana, causante de grandes cambios en los planes de manejo preventivo [102]. Dentro los géneros más investigados están *Bactrocera*, *Anastrepha* y *Bombus*, lo que refleja la relevancia de estos en la agricultura y ratifican nuestros estudios en la investigación de la incidencia del ENOS en la distribución de algunas especies del género *Anastrepha* [106, 107, 108, 109, 110,

111].

Recientemente, la investigación de nuevas tecnologías, están permitiendo acceder a un sinnúmero de planes estratégicos dentro los sistemas productivos, en el cual, el manejo de la información sobre biodiversidad es importante para organizar planes de control y prevenir en varios países, cambios que afecten la seguridad alimenticia [187, 188]. Nuestros resultados indican que las especies del género *Anastrepha* seleccionadas en este estudio, tienen la capacidad de aumentar su distribución potencial en las regiones del neotrópico, debido a los constantes cambios causados por el ciclo ENOS [189, 190]. Especies como la *Anastrepha grandis* que se distribuye desde norte de Argentina hasta el este de Panamá, puede ampliar su distribución potencial con estos cambios presentados por la variabilidad climática [191]. La distribución de esta especie está relacionada con los cambios en la temperatura y humedad superficial del suelo en las zonas boscosas tropicales, de acuerdo al episodio de El Niño y La Niña. [191, 192]. Las regiones con climas templados-húmedos en Centro América, México y Panamá, esta especie puede expandirse hacia zonas productivas [192, 193]. En el resto del neotrópico zonas con temperaturas altas y climas secos (desiertos y zonas frías) desfavorecen el establecimiento de esta especie, donde se afectada su ciclo reproductivo [196, 197, 198, 199].

Para la *Anastrepha serpentina*, su distribución potencial, está directamente influenciada por la variable precipitación (rango y mínimos) donde los cambios en los episodios del Niño y la Niña afectan directamente su distribución a lo largo del neotrópico [201, 202]. En el episodio El Neutro esta especie aumenta su distribución potencial, debido a la estabilidad de la humedad causada por lluvias promedios en las regiones tropicales del neotrópico [203]. En lugares como Panamá donde el microclima y el paisaje orográfico de la región se mantiene más estable esta especie no presenta cambios en su distribución [204]. Las regiones desérticas y de climas fríos y secos afectan la distribución de esta especie ya que se produce la muerte de los adultos al ser desplazados por los vientos y disponibilidad de hospederos [205, 206].

La *Anastrepha obliqua*, es una de las especies más polífagas de este género, es capaz de adaptarse a los cambios en los episodios Niño o Niña, en todas las regiones tropicales, subtropicales del neotrópico, además de hospedarse en una gran variedad de cultivos, [207]. A nivel ecológico esta especie reduce su distribución potencial en lugares altos de la cordillera de México, los andes en Suramérica y las partes frías del cono sur, ya que no soporta temperaturas muy altas y bajas que afectan su reproducción [208]. En Panamá, su distribución

potencial en todo el país, no se ve afectada por las condiciones pocos cambiantes del clima tropical en la zona [209, 210, 211].

Por último, *Anastrepha striata*, conocida como la mosca de la guayaba, es una de las especies que se adapta a climas fluctuantes en los episodios Niño y Niña, siendo la temperatura superficial del suelo entre 18 °C y 30 °C, la que más influye en su distribución en las regiones tropicales del neotrópico [213, 214]. En Panamá esta especie el área de distribución potencial es más amplia en condiciones del episodio el Niño, reflejado una adaptabilidad a los cambios en la temperatura [215]. Todas estas especies estudiadas, están directamente influenciadas por los cambios ambientales producidos por los episodios del Niño y la Niña, lo que nos lleva a desarrollar información que impacta en la toma de decisiones en el sector productivo del mundo [215, 216, 217].

El nicho fundamental existente y el riesgo de establecimiento de algunas especies de *Anastrepha* en relación a los cambios ambientales producidos por el ciclo ENOS, en la última década están, siendo notorios, en las zonas del neotrópico [236]. Los que nos puede llevar a investigar con técnicas de modelado en tiempos cortos, todos estos cambios producidos por la variabilidad climática [237]. Existe poca información sobre el estudio en estos trabajos de nicho fundamental existente en especies de *Anastrepha* de importancia hortofrutícola, ya que las informaciones son escasas y se requiere de estudios interdisciplinarios para su desarrollo [238]. Nuestros estudios reflejan en este segundo objetivo, que en las condiciones de variabilidad climática en ciclo ENOS (Niño, Neutro y Niña), estas especies de *Anastrepha*, tienen el potencial de invadir otros espacios ecológicos [239, 241]. Esto debido a que la biología de las especies aunado a los cambios producidos por elementos bióticos (hospederos - depredadores) y abióticos (temperatura- precipitación) influyen en la amplitud del nicho fundamental existente [198, 238].

Las interacciones entre los episodios del Neutro y la Niña podrían mejorar la amplitud y superposición de nichos en las especies de *Anastrepha*, al contar con las condiciones adecuadas, hospederos naturales y cultivos temporales en las zonas del neotrópico [244, 245, 247]. No así la interacción del episodio del Neutro y el Niño, donde disminuye el nicho fundamental y la amplitud de nicho, causada por la alteración de las condiciones idóneas (Bióticas y Abióticas) para el establecimiento de especies de *Anastrepha* [249, 250].

Científicamente, estos estudios proveerán insumos en el campo de la ciencia, que permitirán

orientar a las instancias nacionales e internacionales en la toma de decisiones y mejorar los planes de MIP [251].

Los que nos lleva a investigar en este tercer objetivo, planes actualizados para el control preventivo de las especies de *Anastrepha* seleccionadas en este estudio [256, 257]. Las condiciones tan variables del ciclo ENOS, en la actualidad nos llevan a desarrollar mapas de riesgo de establecimiento en las regiones del neotrópico, con variaciones en cada uno de los episodios del fenómeno del Niño [258, 259]. Al hablar del episodio en Niño, podemos decir que hay un riesgo muy alto de establecimiento de estas especies en las zonas con condiciones de lluvias moderadas y buena humedad, todo esto depende del grado en las fluctuaciones climáticas y a las condiciones de hospederos en el momento oportuno para su reproducción [260, 261]. Podemos decir que entre las variables de importancia para el desarrollo productivo y eficiente de estas especies están la temperatura, precipitación y humedad, mismas que en los diferentes episodios del fenómeno del Niño pueden variar en un año calendario [189, 223], lo que genera incertidumbre en los planes de manejo de plagas y productividad agrícola [260]. En Panamá, existen microclimas específicos con una flora bastante homogénea donde hemos podido orientar con estos estudios para la *Anastrepha grandis*, un nivel de riesgo bajo de establecimiento en las zonas con temperaturas altas y poca humedad como es la región de Azuero [43, 265, 266]. Es importante aclarar que las especies de moscas de la fruta del género *Anastrepha* no conocen barreras geográficas, sino se dispersan a otras regiones al encontrar condiciones idóneas ambientales para su desarrollo, motivo por el cual hay que estar alertas con la generación de información pertinente y informar a las instancias responsables en las políticas agropecuarias en el mundo [266, 267].

9. CONCLUSIÓN GENERAL

9. CONCLUSIÓN GENERAL

Los resultados en este trabajo de investigación reflejan varios enfoques hacia la conservación y al manejo de insectos plagas es sus capítulos:

Es importante al momento de generar información, ser o contar con grupos interdisciplinarios, que permitan la generación del conocimiento y el desarrollo de tecnologías amigables con el ambiente, el mundo en la actualidad está cambiando a pasos agigantados por los efectos de la variabilidad climática, que cada día es más notoria e incentivada por las causas antropogénicas causadas por el ser humano. Los estudios bibliométricos y análisis sistemáticos de información son la ventana que nos orientan a conocer las directrices de cómo está la investigación actual, permitiéndonos desarrollar de forma eficiente las tecnologías en beneficio del sector productivo en una región. La información científica esta distribuida desigualmente en el mundo, pero los análisis propuestos es este trabajo promoverán estrategias de control, prevención y conservación, esenciales para la sostenibilidad productiva y ecológica en el mundo. Paises como Estados Unidos, México, Brasil y Colombia están a la vanguardia en estas temáticas de modelaje de nicho ecológico y distribución de especies de importancia hortofrutícola en América. De igual manera los enfoques Grinnelianos en técnicas modelaje cada día evolucionan en la generación de información en especies insectiles, permitiéndonos conocer que los órdenes más estudiados son (Coleoptera, Diptera y Lepidoptera), corroborando la importancia de nuestros resultados.

Es evidente que los cambios producidos por la incidencia del ciclo ENOS, provocan incertidumbre en todos los sentidos, siendo la distribución potencial de especies insectiles un componente importante en los planes de control y manejo preventivo. En el neotrópico y Panamá, algunas especies del género *Anastrepha*, tienen el potencial de ampliar sus zonas de distribución, pero todo esto esta influenciado con la incidencia del ciclo ENOS, que puede expandir y contraer su distribución. Estas especies se desarrollan con condiciones estables de temperatura, humedad y precipitación, y la variabilidad climática en la última década provoca cambios bruscos en su distribución. Podemos decir de nuestros resultados que con condiciones Neutrales estas especies pueden mejorar su distribución potencial, pero en los últimos años estos episodios climáticos se presentan en tiempos más cortos, los que nos lleva estar alertas ante estos cambios.

Al revisar el espacio ambiental, encontramos que estas especies del género *Anastrepha* comparten espacios ambientales (nicho fundamental existente), lo que de una u otra manera

nos dice que estas especies comparten hospederos naturales y condiciones abióticas para su desarrollo generacional. Según lo investigado, los mapas de riesgo de establecimiento están influenciados por las variables temperatura, humedad y precipitación, lo que aumenta y disminuye el nivel de riesgo de acuerdo a las fluctuaciones de estas en las diferentes zonas del neotrópico y Panamá. Las metodologías de modelación en los últimos años están acaparando el interés en la comunidad científica, lo que es importante porque nos brindan insumos que mejoren los controles fitosanitarios en todo el mundo. Los resultados presentados en este estudio permitirán orientar y gestionar planes fitosanitarios preventivos en el manejo de la mosca de la fruta del género *Anastrepha*, brindando alternativas científicas y ambientales en los países productores de frutas en el mundo.

10. BIBLIOGRAFÍA

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Montealegre, J.; Pabón, J. La Variabilidad Climática Interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña–Oscilación del Sury su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorol. Colombina* **2000**, *2*, 7–21. <https://www.researchgate.net/profile/Jose-Daniel-Pabon-Caicedo/publication/281605886>
2. Trenberth, K.E.; Fasullo, J.T.; Kiehl, J. Earth's global energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2009**, *90*, *3*, 311-324. <https://doi.org/10.1175/2008BAMS2634.1>
3. D'Antoni, HL Cambio global. Procesos naturales e intervención humana. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*. **2012**, *46*, 1–76. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572012000500001
4. Moyano, E.; Paniagua, Á.; Lafuente, R. Políticas ambientales, cambio climático y opinión pública en escenarios regionales. El caso de Andalucía. *Rev. Int. Sociol.* **2009**, *67*, 681–699. <https://doi.org/10.3989/ris.2008.01.23>
5. Krishnamurthy, L.; Vecchi, G.A.; Msadek, R.; Murakami, H.; Wittenberg, A.; Zeng, F. Impact of strong ENSO on regional tropical cyclone activity in a high-resolution climate model in the North Pacific and North Atlantic Oceans. *Journal of Climate* **2016**, *29*, *7*, 2375-2394. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0468.1>
6. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change, Impact, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers. Suiza **2014**, *40*, Available online https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf (accessed on 03 march 2023)
7. Collins, M. CMIP Modeling Groups., El Niño- or La Niña-like climate change? *Clim. Dyn* **2005**, *24*, 89-104, <https://doi:10.1007/s00382-004-0478-x>
8. Balvanera, P.; Astier, M.; Gurri, F.D.; Zermeño, H.I. Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socio ecológicos en México, *Revista Mexicana de Biodiversidad* **2017**, *88*,*1*, 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.005>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345317301793>
9. Peterson, A.T.; Papeş, M.; Soberón, J. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling* **2008**, *213*, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.11.008>
10. Peterson, A.; Soberón, J.; Pearson, R.; Anderson, R.; Martínez, M.E.; Nakamura, M.; Araújo, M. Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49). Princeton: *Princeton University Press*. **2011**. <https://doi.org/10.1515/9781400840670>
11. Peterson, A.T. Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity Informatics* **2006**, *3*, 59–72 <https://doi.org/10.17161/bi.v3i0.29>

12. Phillips, S.J.; Anderson, R.P.; Schapire, R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* **2006**, 190(3-4), 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
13. Cruz, B.; Bacca, M.L.; Nelson, A. Diversidad de las Moscas de las frutas Diptera: Tephritidae y sus parasitoides en siete municipios del departamento de Narino. Boletín Científico. Centro de Museos. *Museo de Historia Natural* **2017**, 21, 2, 81-98. <https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.2.6>
14. Nolasco, N.; Iannacone, J. Fluctuación estacional de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) en trampas McPhail en Piura y en Ica, Perú. *Acta zoológica mexicana* **2008**, 24, 3, 33-44. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372008000300003&lng=es&tlng=es
15. Aluja, M.; Rull, J.; Sivinski, J.; Allen L.; Norrbom, A.; Wharton, R.M.; Díaz, F.; López, M. Fruit Flies of the Genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) and Associated Native Parasitoids (Hymenoptera) in the Tropical Rainforest Biosphere Reserve of Montes Azules, Chiapas, Mexico. *Environmental Entomology* **2003**, 32,6, 1, 1377–1385, <https://doi.org/10.1603/0046-225X-32.6.1377>
16. Uchôa, M.A.; Nicácio, J. New records of Neotropical fruit flies (Tephritidae), lance flies (*Lonchaeidae*)(Diptera: Tephritoidea), and their host plants in the South Pantanal and adjacent areas, Brazil. *Annals of the Entomological Society of America* **2010**, 103, 5, 723-733. <https://doi.org/10.1603/AN09179>
17. Comisión Económica para América Latina. La economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe: Paradojas y Desafíos del Desarrollo Sostenible. Programa EUROCLIMA Cambio Climático, Componente Socioeconómico **2015**. (CEC/10/001). Disponible en línea: <https://hdl.handle.net/11362/37311> (consultado el 10 de marzo de 2023).
18. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Organización Mundial de la Salud, Programa Mundial de Alimentos y Fondo de las Naciones Unidas por la Infancia. Versión Resumida de El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo. Transformación de los Sistemas Alimentarios para que Promuevan Dietas Asequibles y Saludables. Roma. **2020**. Disponible en línea: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9699es> (consultado el 18 de marzo de 2023).
19. Calicioglu, O.; Flammini, A.; Bracco, S.; Bellù, L.; Sims, R. The Future Challenges of Food and Agriculture: An Integrated Analysis of Trends and Solutions. *Sustainability* **2019**, 11, 222. <https://doi.org/10.3390/su11010222>
20. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo; Frutas y Hortalizas—Oportunidades y Desafíos para la Agricultura Sostenible a Pequeña Escala. Roma. **2021**. Disponible en línea: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4173es> (consultado el 19 de marzo de 2023).

21. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Análisis del Mercado de las Principales Frutas Tropicales en Roma. 2022. Disponible en línea: <https://www.fao.org/3/cb6897es/cb6897es.pdf> (consultado el 19 de marzo de 2023).
22. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. La Fruticultura en Panamá: su potencial socioeconómico e iniciativas para su desarrollo / Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. 2008, 167, 23. Disponible en línea <http://repiica.iica.int/docs/b0760e/b0760e.pdf> (Consultado 19 marzo 2023)
23. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Panamá. Cierre Agrícola Nacional. Dirección de Agricultura. Documento Panamá. 2020-21. Disponible en línea: <https://mida.gob.pa/> (consultado el 20 de marzo de 2023).
24. Milesi, F.A.; López, C.J. El concepto de nicho en Ecología aplicada: del nicho al hecho hay mucho trecho. *Ecol. austral* **2005**, 15, 2, 131-148. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2005000200004&lng=es&tlng=es
25. Vázquez, D.P.; Cassini, M.H. El nicho: conceptos y aplicaciones. *Ecol. austral*. **2005**, 15, 2, 115-116. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2005000200002&lng=es&tlng=es
26. Peterson, A.T.; Papeş, M.; Soberón, J. Mechanistic and Correlative Models of Ecological Niches. *Eur. J. Ecol.* **2015**, 1, 2. <https://doi.org/10.1515/eje-2015-0014>
27. Ferrer, S.Y.; Jacho, S.W.R.; Urdánigo, Z.; Abasolo, J.P.P.; Vázquez, F.; Plasencia, A.H.; Zambrano, M.G.J.; Castillo, M.M.J.; Muñoz, Z.K.T.; Rosado, C.A.; Bravo, E.G.V. Invasiones Biológicas en Agroecosistemas de Ecuador Continental: Nicho Ecológico de Especies Exóticas y Cultivos Agrícolas Bajo Riesgo. *Acta Biol. Colomb.* **2021**, 26, 3, 352-364. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n3.81765>
28. Ramstead, M.; Veissière, S.P.L.; Campbell, J.O.; Fristón, K.J. A variational approach to niche construction *J. R. Soc. Interface.* **2018**, 15, 06-85. <http://doi.org/10.1098/rsif.2017.0685>
29. García, Q.A. «Un Ejemplo Teórico de Modelación del Hábitat y la Distribución Potencial por Análisis Factorial del Nicho Ecológico», *Mesoamericana*. **2012**. 16, 3, 12–21. <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/3923>
30. Elith, J.; Leathwick, J.R. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **2009**, 40, 677-697. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>
31. Guisan, A.; Tingley, R.; Baumgartner, J.; Naujokaitis, I.; Sutcliffe, P.; Tulloch, A.; Regan, T.; Brotons, L.; McDonald, E.; Mantyka, P.C.; Martin, T.; Rhodes, J.R.; Maggini, R.; Setterfield, S.A.; Elith, J.; Schwartz, M.V.; Wintle, B.R.; Broennimann, O.; Austin, M.; Ferrier, M.; Kearney, M.R.; Possingham, H.P.; Buckley, Y. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecol. Lett.* **2013**, 16, 1424-1435. <http://dx.doi.org/10.1111/ele.12189>

32. Soberón, J.; Osorio, O.L.; Peterson, T. Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Rev. Mex. Biodivers.* **2017**, 88, 437–441 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>
33. Pearson, R.G.; Dawson, T.P. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **2003**, 12, 361–371. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x>
34. Jiménez, V.A.; Peterson, A.T.; Soberón, J. Use of niche models in invasive species risk assessments. *Biol. Invasions.* **2011**, 13, 2785–2797. <https://doi.org/10.1007/s10530-011-9963-4>
35. Escobar, L.E. “Modelos de nicho ecológico en salud pública: cinco preguntas cruciales”Pan American Health Organization .**2016**, 1, <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31163>
36. Thuiller, W. Ecological niche modelling. *Curr. Biol.* **2024**, 34, 6, 225-229. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2024.02.018>
37. Reynoso, S.R.; Pérez, H.M.J.; López, B.W.; Hernández, R.J.; Muñoz, F.J.; Vidal J.C.; Reynoso, S.M.D. «El Nicho ecológico Como Herramienta Para Predecir áreas Potenciales De Dos Especies De Pino». *Rev. Mex. Cien. For.* **2018**, 9 ,48. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.114>
38. Flores, T.M.; Ortiz, E.; Villaseñor, J.L. Modelos de nicho ecológico como herramienta para estimar la distribución de comunidades vegetales. *Rev. Mex. Biod.* **2019**, 90, e902829. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2829>
39. Hadly, E.A.; Spaeth, P.A.; Li, C. Niche conservatism above the species level, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **2009**, 106, 2, 19707-19714, <https://doi.org/10.1073/pnas.0901648106>
40. León, E.H.R.; Nieto, M.O.A.; Navarro, C.M.C. Conservadurismo filogenético del nicho ecológico un enfoque integral de la evolución. *Ciencias.* **2011**, 98, 098. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/22874>
41. Qiao, H.; Peterson, A.T.; Myers, C.E. Ecological niche conservatism spurs diversification in response to climate change. *Nat. Ecol. Evol.* **2024**, 8, 729–738. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02344-5>
42. Crisp, M.D; Cook, L.G. Phylogenetic niche conservatism: what are the underlying evolutionary and ecological causes? *New Phytol.* **2012**, 196, 681-694. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04298.x>
43. Degracia, A.B.; Jiménez, J.Á.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Evaluation of the Effect of the ENSO Cycle on the Distribution Potential of the Genus *Anastrepha* of Horticultural Importance in the Neotropics and Panama. *Insects.* **2023**, 14, 714. <https://doi.org/10.3390/insects14080714>
44. Pérez, G.B.; Liria, J. Modelos de nicho ecológico fundamentales para especies del género *Thraulodes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). *Rev. Mex. Biod.* **2013**, 84, 2, 600-611. <https://doi.org/10.7550/rmb.32234>

45. Vecco, D.; Pinedo, R.; Fernández, M. Nicho ecológico de *Pseudophilothrips* sp. (Tubulifera: Phlaeothripidae) en el sistema agroecológico de sacha inchik (*Plukenetia volubilis* L.) en San Martín, Perú. *Rev. Prot. Veg.* **2015**, 30, 1, 2-5. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522015000100002&lng=es&tlng=es
46. Guzmán, M.R.; Calzontzi, M.J.; Salas, A.M.D.; Martínez, Y.R. La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Rev. Zool. Mex.* **2016**, 32, 3, 370-379. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372016000300370&lng=es&tlng=es
47. Arboleda, L.R.L.; Pava, D. Disponibilidad de frutas, verduras y legumbres en países de América del Sur en el período 1961-2010. *Rev. Chil. Nutr.* **2018**, 45, 2, 112-118. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000300112>
48. Calderón, M.M.E.; Taboada, G.O.R.; Argumedo, M.A.; Ortiz, T.E.; López, P.A.; Jacinto, H.C. Cultura alimentaria: Clave para el diseño de estrategias de mejoramiento nutricional de poblaciones rurales. *Rev. Agric. Soc. Des.* **2017**, 14, 2, 303-320. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000200303&lng=es&tlng=es
49. Turrent, F.A.; Cortés, F.J.I. Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana.* **2005**, 23, 2, 265-272. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57323214>
50. Lu, Z.; Li, W.; Wang, Y.; Zhou, S. Bibliometric Analysis of Global Research on Ecological Networks in Nature Conservation from 1990 to 2020. *Sustain* **2022**, 14, 4925. <https://doi.org/10.3390/su14094925>
51. Li, W.; Zhao, Y. Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period, *Environ. Impact. Assess. Rev.* **2015**, 50, 158-166 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.012>
52. Banafsha, J.; Qamer, R.; Delin, H.; Zishan, W.; Sazada, S.; Habad, Y. Ecological niche modelling a global assessment based on bibliometric analysis. *Front. Environ. Sci.* **2024**, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1376213>
53. Solano, L.E.; Castellanos, Q.S.; López, R.R.M.; Hernández, F.J. Bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica de posgrado. *MediSur.* **2009**, 7,4, 59-62. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2009000400011&lng=es&tlng=es
54. Kermavnar, J.; Kutnar, L.; Marinšek, A.; Babij, Valerija. Are ecological niche optimum and width of forest plant species related to their functional traits?, *Flora.* **2023**, 301, 152-247 <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152247>
55. Rossi, E. Introducción a las revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Acta Gastro. Latin.* **2023**, 53, 1, 7-14. <https://doi.org/10.52787/agl.v53i1.291>
56. Trappes, R. Defining the niche for niche construction: evolutionary and ecological niches. *Biol. Philos.* **2021**, 36, 31 <https://doi.org/10.1007/s10539-021-09805-2>
57. Hook, D.W.; Porter, S.J.; Herzog, C. Dimensions: Building Context for Search and Evaluation. *Front Res Metr Anal.* **2018**, 3, 23. <https://doi.org/10.3389/frma.2018.00023>

58. Van Eck, N.J.; Waltman, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *J. Scientometric. Res.* **2010**, *84*, *2*, 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
59. Torres, F.A.; López, H.D. Criterios para publicar artículos de revisión sistemática. *Rev. Esp. Méd. Quir.* **2014**, *19*, *3*, 393-399. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47332498021>
60. Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, G.D. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Ann. Intern. Med.* **2009**, 151:264. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
61. Malavassi, A.A.P. Las bases de datos como herramienta para la investigación histórica. *Diálogos Rev. Electr. His.* **2012**, *13*, *1*, 193-197. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-469X2012000100008&lng=en&tlng=es
62. Dumitru, E.A.; Berevoianu, R.L.; Tudor, V.C.; Teodorescu, F.R.; Stoica, D.; Giucă, A.; Ilie, D.; Sterie, C.M. Climate Change Impacts on Vegetable Crops: A Systematic *Rev. Agri.* **2023**, *13*, 1891. <https://doi.org/10.3390/agriculture13101891>
63. Añino, Y.; Monge, N. J.; Murillo, G. D.; Michán, A.L. Cómo aplicar la cienciometría a la investigación ecológica. *Ecosistemas.* **2021**, *30*:2256. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2256>
64. Harzing, A.W. Publish or Perish [Software]. Harzing.com. **2007**. Disponible en: <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>
65. Oesterheld, M. Impacto de la agricultura en los ecosistemas: Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. *Ecol. Aust.* **2008**, *18*, *3*, 337-346. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300007&lng=es&tlng=es
66. Soberón, J. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecol. Lett.* **2007**, *10*, 1115–1123. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01107.x>
67. Soberón, J.; Peterson, T.A. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodivers. Inform.* **2005**, *2*, 1–10 <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>
68. Mavromatis, T.; Georgoulas, A.K.; Akritidis, D.; Melas, D.; Zanis, P. Spatiotemporal Evolution of Seasonal Crop-Specific Climatic Indices under Climate Change in Greece Based on EURO-CORDEX RCM Simulations. *Sustain.* **2022**, *14*, 17048. <https://doi.org/10.3390/su142417048>
69. Maciel, M.C.A.; Manríquez, M. N.; Octavio, A. P.; Sánchez, R. G. El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta. Univ.* **2015**, *25*, *2*, 03-19. <https://doi.org/10.15174/au.2015.690>
70. Vargas, M. C.; Encarnación, L. A.; Ortega, A.H.M.; Prieto, T. D.A.; Peña, P. A.; Rojas, S.O.R. Una breve introducción a los modelos de nicho ecológico. En: Moreno CE (Ed) La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México. **2019**, 39-63. <https://www.researchgate.net/publication/339181920>

71. García, R. D.; Villagrán, M.; Wittner, F. D. N.; Eduardo, K. M. Colección biológica de insectos: de la recolección a la conservación. *Producción + Limpia*. **2022**, 17, 1, 187-200. <https://doi.org/10.22507/pml.v17n1a11>
72. Henri, E.Z. T.; Bisseleua, D.B. H.; Lisa, B.F.; Daisy, S.; Sevgan, S.; Valentine B. N.; Ritter, Y.A. G.; Bruce, A.; Francois, M.M. K.; Hippolyte, A.; Saliou, N.; Tobias, L.; Frank, T. N.; Sansao, A. P.; Tino, J.; Chrysantus, M. T.; Paulin, N.; Komi, M. F.; Samira, F. M.; Nguya, K. M.; Lev, V. N.; Sunday, E.; Christian, B. Advances in crop insect modelling methods—Towards a whole system approach, *Ecol. Modell.* **2017**, 354, 88-103 <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.03.015>
73. Konowalik, K.; Nosol, A. Evaluation metrics and validation of presence-only species distribution models based on distributional maps with varying coverage. *Sci Rep.* **2021**, 11, 1482 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80062-1>
74. Rozemblum, C.; Unzurrunzaga, C.; Banzato, G.; Pucacco, C. Calidad editorial y calidad científica en los parámetros para inclusión de revistas científicas en bases de datos en Acceso Abierto y comerciales. *Palabra Clave La Plata*, **2015**, 4 ,2, 64-80. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=350539940001>
75. González, D. N. El factor de impacto. *Rev. Col Psiqui.* **2010**, 39,1, 190-202. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502010000100014&lng=en&tlng=es
76. Ortigoza, G.C.A.; Santillán, F.A.; Tadeo, N.AE.; Rivera, H.B.; Carrillo, Á.E.; Bautista, O.J. Cetina, A.V.M.; Salinas, C.A. Análisis bibliométrico de información científica sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial. *Rev. Chil. Cien. Agrí. Ani.* **2024**, 40, 1, 213-228. <https://dx.doi.org/10.29393/chjaas40-20abca80020>
77. Puente, D.L.; Lemus, M.R. ¿Qué se está investigando sobre insectos comestibles? Un análisis bibliométrico de las publicaciones entre 1990 y 2022. *Rev. Chil. Nutr.* **2024**, 51,1, 63-75. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182024000100063>
78. Morales, R. A.; Cambrón, S.V.; Soto, C. J.; Jones, R.; Obregón, Z. J. Efecto de la temperatura en poblaciones de *dendroctonus frontalis zimmerman* y *dendroctonus mexicanus hopkins* (coleoptera: curculionidae: scolytinae) bajo un escenario de cambio climático en la sierra gorda queretana. *Acta Zool. Mex.* **2018**, 34, 1-8. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412141>
79. Heit, G.; Sione, W.; Penna, A. Efecto del cambio climático en la distribución potencial de hlb en sudamérica. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.* **2016**, 2, 4, 484-493. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i4.5925>
80. Ramírez, A.Ó.; Vargas, M., R.; Cordero, R. Cambios en la distribución altitudinal de las aves de río macho, cartago, costa rica. *El Hornero.* **2015**, 30, 2, 55-61. <https://doi.org/10.56178/eh.v30i2.583>
81. González, A.; Musálem, K.; Laino, R.; Beñayas, J.; Cruz, A. V.; Cordero, Z.; Enciso, C. Ecosystem services in the paraguayan humid chaco: challenges for ecosystem-based management. *Ecosistemas.* **2018**, 27, 2, 115-125. <https://doi.org/10.7818/ecos.1531>

82. Viguera, B.; Alpízar, F.; Harvey, C.; Martínez, R. M.; Saborío, R. M. Percepciones de cambio climático y respuestas adaptativas de caficultores costarricenses de pequeña escala. *Agron. Mesoam.* **2019**, 333-351. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.32905>
83. Benítez, L.S. Cambio climático: desafíos para el sector de la salud en Paraguay. *Pediatría (Asunción)*. **2022**, 49, 2, 65-66. <https://doi.org/10.31698/ped.49022022001>
84. Guitérrez, E.; Trejo, I. Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. *Rev. Mex. Biodiv.* **2014**, 85, 1, 179-188. <https://doi.org/10.7550/rmb.37737>
85. Ferrer, S. Y.; Barahona, M.D.; Plasencia, V.A.; Abasolo, P. F. Riesgo de expansión de fusarium oxysporum f. cubense (nectriaceae) ante el cambio climático en Ecuador continental. *Acta. Bot. Mex.* **2024**, 131, <https://doi.org/10.21829/abm131.2024.2207>
86. Castro, J. El impacto de la urbanización en la distribución socioespacial de la vulnerabilidad al cambio climático. *Letras Verdes Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales.* **2020**, 27, 134-147. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.27.2020.3961>
87. Quintero, B.; Rubio, A.; Ortiz, F. Distribución potencial de oxysternon conspicillatum (weber, 1801) en diferentes escenarios de cambio climático en Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist.* **2017**, 21, 2, 190-206. <https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.2.13>
88. Salinas, J.; Marín, V. Metasíntesis cualitativa sobre colaboración científica e identidad digital académica en redes sociales. *Ried. Revista Iberoamericana De Educación a Distancia.* **2019**, 22, 2, 97. <https://doi.org/10.5944/ried.22.2.23238>
89. Liberatore, G.; Vuotto, A.; Pallotta, N. Colaboración científica en el área de las ciencias básicas. *Revista Prefacio.* **2020**, 4,4, 6-20. <https://doi.org/10.58312/2591.3905.v4.n4.30345>
90. Monter, A.V.; Aguilera, A.M. Avances de la fruticultura en México. *Rev. Bras. Frutic.* **2011**, 33, 1, 179-186. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500021>
91. Alvaro, B.; Trpin, V. Condiciones productivas y exigencias de calidad en la fruticultura de la Patagonia argentina. *Región y sociedad.* **2013**, 25, 58, 239-273. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252013000300008&lng=es&tlng=es
92. Synes, N.W.; Ponchon, A.; Palmer, S.C.; Osborne, P.E.; Bocedi, G.; Travis, J.M.; Watts, K. Prioritising conservation actions for biodiversity: Lessening the impact from habitat fragmentation and climate change. *Bio. Conserv.* **2020**, 252, 108819. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108819>
93. Leal, O. Distribución potencial del pinus martinezii: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. *Rev. Mex. Biodiv.* **2015**, 83, 4. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.4.1270>
94. Egües, M.; Castillo, V. Redes de colaboración científica potenciadas por TIC: avances en la investigación universitaria. *Rev. Cient. Cie. Tecno.* **2024**, 24, 44. <https://doi.org/10.47189/rcct.v24i44.685>
95. Arias, P. J.; Realpe, E.; González, R. C. Distribución espacial y aspectos ecológicos de neostrengeria macropa (decapoda: pseudothelphusidae) en la sabana de Bogotá,

- Colombia. *Rev. Mex. Biodivers.* **2021**, 92, 0, 923438. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3438>
96. Ibarra, M. J.; Rangel, P. J., González, F. F.; Anda, J.; Zamudio, R. M.; Martínez, M. E.; Macías, C. H. Ecological niche model to predict the potential distribution of phytoplankton in the aguamilpa dam, nayarit. Mexico. *Interdiscip. J. Appl. Sci.* **2010**, 5, 3, 60-75. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.154>
97. Amaya, N.; Hinestroza, M. Factores distintivos de las organizaciones intensivas en conocimiento. *Podium.* **2017**, 32, 75-87. <https://doi.org/10.31095/podium.2017.32.6>
98. Rivera, M. W. Control microbiológico como experiencia de sostenibilidad local en la agricultura centroamericana. *Rev. Tecnol. Marcha.* **2016**, 29, 7, 31. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i7.2703>
99. Grünig, M.; Calanca, P.; Mazzi, D.; Pellissier, L. Inflection point in climatic suitability of insect pest species in europe suggests non-linear responses to climate change. *Glob. Chang. Biol.* **2020**, 26, 11, 6338-6349. <https://doi.org/10.1111/gcb.15313>
100. Wang, C.; Wang, R.; Yu, C.; Xiao-peng, D., Sun, W.; Li, Q.; Wan, J. Risk assessment of insect pest expansion in alpine ecosystems under climate change. *Pest. Manag. Sci.* **2021**, 77, 7, 3165-3178. <https://doi.org/10.1002/ps.6354>
101. Yoon, S.; Lee, W. Assessing potential european areas of pierce's disease mediated by insect vectors by using spatial ensemble model. *Front. Plant. Sci.* **2023**, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1209694>
102. Herrera, M.A.M.; Canal, N.A.; Agudelo, Martínez, J.C.; Pérez, B.N. Diversidad y ecología de Tephritoidea (Insecta: Diptera) en el norte de la Orinoquía Colombiana. *Rev. Biol. Trop.* **2022**, 70, 1, 423-436. <https://dx.doi.org/10.15517/rev.biol.trop.2022.48808>
103. Hill, M.; Clusella, T.S.; Terblanche, J.; Richardson, D. Drivers, impacts, mechanisms and adaptation in insect invasions. *Biol. Invasions.* **2016**, 18, 4, 883-891. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1088-3>
104. Ning, S.; Wei, J.; Feng, J. Predicting the current potential and future worldwide distribution of the onion maggot, *delia antiqua* using maximum entropy ecological niche modeling. *Plos One.* **2017**, 12, 2, e0171190. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171190>
105. Chen, J.; Wang, L.; Li, Y. Research on Niche Evaluation of Photovoltaic Agriculture in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, 19, 14702. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214702>
106. Nuñez, T.A.; Lawler, J.J.; Mcrae, B.H.; Pierce, D.J.; Krosby, M.B.; Kavanagh, D.M.; Singleton, P.H.; Tewksbury, J.J. Connectivity Planning to Address Climate Change. *Conserv. Biol.* **2013**, 27, 407-416. <https://doi.org/10.1111/cobi.12014>
107. Wang, L.; Zhang, F.; Li, L.; Wang, C.; Wan, J. Effects of habitat heterogeneity and topographic variation on insect pest risks in alpine regions. *Land.* **2023**, 12, 7, 1314. <https://doi.org/10.3390/land12071314>
108. Pacheco, G.T.; Córdova, H.S.; Del Castillo, M.D.M.; Rios, Z.R.; Cabanillas, O.E.G.; Pinedo, J.J.; Angulo, R.P.; Tello, E.R.; Vásquez, B.J. Supervivencia y plagas de

- insectos de especies forestales y frutales en Puerto Almendra, región Loreto, Perú. *Folia Amazónica*. **2022**, 31, 2, 209-226. <https://doi.org/10.24841/fa.v31i2.563>
109. Miñarro, P.M.; García, G.D.; Martínez, S.R. Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*. **2018**, 27, 2, 81-90. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1394>
110. Abrego, A.D.; Sánchez, T.Y.; Medina, Q.J.M. Influencia de los sistemas de información en los resultados organizacionales. *Contad. Adm.* **2017**, 62, 2, 303-320. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2016.07.005>
111. Aragón, B.Y.L.; González, H.C.Y.; Hernández, S.; Ortelio, F.; Hernández, L.E. Herramienta para el aprendizaje de bases de datos relacionales. *Rev. Cub. Cienc. Inform.* **2018**, 12, 3, 163-176. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992018000300012&lng=es&tlng=es
112. Organización de las Naciones Unidas. Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático; Organización de las Naciones Unidas: Nueva York, NY, EE.UU., **2015**; pag. 40. Disponible en línea: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf> (consultado el 1 de marzo de 2023).
113. Gonzales, G.F.; Zevallos, A.; Gonzales, C.C.; Nuñez, D.; Gastañaga, C.; Cabezas, C.; Steenland, K. Environmental pollution, climate variability and climate change: a review of health impacts on the peruvian population. *Peruvian Journal of Experimental Medicine and Public Health* **2014**, 31, 3, 547-556. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000300021&lng=es&tlng=en
114. Zotelo, C. Variabilidad climática y ciclos naturales. En Jornada sobre “Evolución y Futuro del Desarrollo de Producciones Agrícola-Ganaderas en el SO Bonaerense”; Universidad Nacional de la Plata: Bahía Blanca, Argentina, **2011**; págs. 374–381. Disponible en línea: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27824> (consultado el 5 de marzo de 2023).
115. Tobón, C.J. Evaluación de los impactos potenciales de la variabilidad climática y el cambio climático en algunos indicadores para seguridad alimentaria en zonas productoras de mercados campesinos. Trabajo de Grado-Maestría. Universidad de Colombia **2014**. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52136>
116. Gouveia, S.F.; Hortal, J.; Tejedo, M.; Duarte, H.; Cassemiro, F.A.; Navas, C.A.; Diniz, F.J.A. Climatic niche at physiological and macroecological scales: The thermal tolerance-geographical range interface and niche dimensionality. Blackwell Publishing. *Global Ecology and Biogeography* **2014**, 23, 446- 456 <https://doi.org/10.1111/geb.12114>
117. Lehmann, P.; Ammunét, T.; Barton, M.; Battisti, A.; Eigenbrode, S.D.; Jepsen, J.U.; Kalinkat, G.; Neuvonen, S.; Niemelä, P.; Terblanche, J.S.; Økland, B.; Björkman, C. Complex responses of global insect pests to climate warming. *Frontiers in Ecology and the Environment* **2020**, 18, 141–150. <https://doi.org/10.1002/fee.2160>

118. Sánchez, RR Respuestas Urbanas al Cambio Climático en América Latina. Documentos de Proyectos e Investigación. CEPAL-Naciones Unidas. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global No. 563. **2013**. Disponible en línea: <https://hdl.handle.net/11362/36622> (consultado el 15 de marzo de 2023).
119. Magrin, G. Adaptación al Cambio Climático en América Latina y el Caribe. Documentos de Proyectos e Investigación. CEPAL-Naciones Unidas. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global No. 692. **2015**. Disponible en línea: <https://hdl.handle.net/11362/39842> (consultado el 15 de marzo de 2023).
120. Rascón, V.A.E.; Cervantes, R.E. Vulnerabilidad social y clima extremo en estudios de América Latina. 2000-2019. *Tlalli. Revista De Investigación En Geografía* **2022**, 8, 6-32. <https://doi.org/10.22201/ffyl.26832275e.2022.8.1801>
121. Sheldon, K.S. Climate change in the tropics: ecological and evolutionary responses at low latitudes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **2019**, 50, 303–333. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110218-025005>
122. Régnière, J.; Powell, J.; Bentz, B.; Nealis, V. Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: experimental design, data analysis and modeling. *Journal of Insect Physiology* **2012**, 58, 634–647. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.01.010>
123. Freeman, B.G.; Scholer, M.N.; Ruiz, V.; Fitzpatrick, J.W. Climate change causes upslope shifts and mountaintop extirpations in a tropical bird community. Proceedings of the National Academy of Sciences. *PNAS* **2018**, 115, 11982–11987. <https://doi.org/10.1073/pnas.1804224115>
124. Powell, A.J.; Logan, A.J. Insect seasonality: circle map analysis of temperature-driven life cycles, *Theoretical Population Biology*. **2005**, 3, 67,161-179. <https://doi.org/10.1016/j.tpb.2004.10.001>
125. Beckler, A.A.; French, B.W.; Chandler, L.D.; Using GIS in areawide pest management: a case study in South Dakota. *Transactions in GIS* **2005**, 9, 109–127. <https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1430>
126. Aluja, M.; Birke, A.; Ceymann, M.; Guillén, L.; Arrigoni, E.; Baumgartner, D.; Pascacio, C.; Villafán, J. Agroecosystem resilience to an invasive insect species that could expand its geographical range in response to global climate change, *Agriculture, Ecosystems & Environment* **2014**, 186, 54-63, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.017>
127. Aluja, M.; Mangan, R.L. Fruit fly Diptera: Tephritidae host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annual Rev. Entomology* **2008**, 53, 473-502. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093350>
128. Norrbom, A.L. Host plant database for Anastrepha and Toxotrypana Diptera: Tephritidae: Toxotrypanini). *Diptera Data Dissemination Disk* (CD-ROM) **2004**, 2 <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=108854>

129. Norrbom, A.L.; Neder, L.E. New neotropical species of *Trupanea* Diptera: Tephritidae with unusual wing patterns. *Zootaxa* **2014**, 3821,4, 443–456. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3835.4.11>
130. Hernández, O.V. El género *Anastrepha* Schiner en México Diptera: Tephritidae, taxonomía, distribución y sus plantas huéspedes. *La Ciencia y el Hombre* **1992**, 12,13, 190-191. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/5174>
131. Hernández, O.V.; Bartolucci A.F.; Morales, V.P.; Frías, D.; Selivon, D. Cryptic species of the *Anastrepha fraterculus* complex: A multivariate approach for the recognition of South American morphotypes. *Annals of the Entomological Society of America* **2012**, 105,2, 305-318. <https://doi.org/10.1603/AN11123>
132. Norrbom, A.L.; Korytkowski, C.A. New species of *Anastrepha* Diptera: Tephritidae, with a key for the species of the megacantha clade. *Systematic Entomology Lab., USDA, ARS, c/o Smithsonian Institution, Zootaxa* **2012**, 34781, 11 <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3478.1.43>
133. Hernández, O.V.; Gómez, A.J.; Sánchez, A.; McPherson, B.; Aluja, M. Morphometric analysis of Mexican and South American populations of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae) and recognition of a distinct Mexican morphotype. *Bulletin of Entomological Research* **2004**. 94,6, 487-499. <https://doi.org/10.1079/BER2004325>
134. Selivon, D.; Perondini, A.L.; Morgante, J.S. A Genetic–Morphological Characterization of Two Cryptic Species of the *Anastrepha fraterculus* Complex (Diptera: Tephritidae) *Annals of the Entomological Society of America* **2005**, 98, 3, 1, 367–381. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2005\)098\[0367:AGCOTC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2005)098[0367:AGCOTC]2.0.CO;2)
135. Silva, J.C.; Dutra, S.V.; Santos, M.S.; Silva, N.M.O.; Vidal, D.V.; Nink, R.V.; Guimarães, J.G.; Araujo, E.L.; Diversity of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) and Associated Braconid Parasitoids From Native and Exotic Hosts in Southeastern Bahia, Brazil, *Environmental Entomology* **2021**, 39, 1457–1465. <https://doi.org/10.1603/EN10079>
136. Diznarda, S.B.; Flores, R.; Terrazas, G. G.; Leyva, R.E.; Evaluación económica de la campaña nacional contra las moscas de la fruta en los estados de Baja California, Guerrero Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas. México: IICA, **2010**. Available online <http://repiica.iica.int/docs/B2041e/B2041e.pdf> (accesed on 17 march 2023)
137. Valderrama, J.K.; Serrano, M.S.; Fischer, G. Mortalidad de larvas de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) en frutos de feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret) sometidos a un tratamiento cuarentenario de frío. *Revista Colombiana de Entomología* **2005**, 31, 2, 171-176. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882005000200011&lng=en&tlng=es
138. Saavedra, D.J.; Galeano, O.P.; Canal, N. Ecological relationships between host fruits, frugivorous flies and parasitoids in a fragment of tropical dry forest. *Rev. Sciences. agricultural* **2017**, 34, 1, 32 - 49. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.61>

139. Sequeira, R.; Millar, L.; Bartels, D. Identification of Susceptible Areas for the Establishment of *Anastrepha* spp. Fruit Flies in the United States and Analysis of Selected Pathways. Raleigh, NC: USDA-APHISPPQ Center for Plant Health Science and Technology, **2001**. p. 47. Available online https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/fruit_flies/downloads/isa.pdf (accessed on 18 march 2023)
140. Godefroid, M.; Cruaud, A.; Rossi, J.P.; Rasplus, J.Y. Assessing the Risk of Invasion by Tephritid Fruit Flies: Intraspecific Divergence Matters. *Plos One* **2015**, 10, 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135209>
141. Fu, L.Z.H.; Huang, G.S.; Wu, X.X.; Ni, W.L.; Qü, W.W. The current and future potential geographic range of West Indian fruit fly, *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Insect Science* **2014**, 21, 234–244. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12018>
142. Vázquez, P.; Escalona, A.H.; Segura, G.; Esparza, O.L.G. Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. *Acta zoológica mexicana* **2014**, 30, 3, 471-490. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372014000300002&lng=es&tlng=es
143. Jiménez, M.E.; Núñez, M.R.G.; Maradiaga, B.E.J. Distribución temporal de insectos asociados a maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en Matagalpa, Nicaragua. *La Calera* **2020**, 20, 34, 10–19. <https://doi.org/10.5377/calera.v20i34.9647>
144. Altamiranda, S.M.; Gutiérrez, D.J.; Araque, A.; Valencia, D.J.; Gutiérrez, R.; Martínez, R.A. Effect of El Niño southern oscillation cycle on the potential distribution of cutaneous leishmaniasis vector species in Colombia. *Plos Neglected Tropical Diseases* **2020**, 14. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008324>
145. Olson, D.; Dinerstein, E.; Wikram, E.D.; Burgess, N.D.; Powell, G.V.N.; Underwood, E.C.; D'amico, J.A.; Itoua, I.; Strand, H.E.; Morrison, J.C.; Loucks, C.J.; Allnutt, T.F.; Ricketts, T.H.; Kura, Y.; Lamoreux, J.F.; Wettengel, W.W.; Hedao, P.; Kassem, K.R.; Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *Bioscience* **2001**. 51, 933. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2)
146. Dinerstein, E.; Olson, D.; Joshi, A.; Vynne, C.; Burgess, N.B.; Wikramanayake, E.; Hahn, N.; Palminteri, S.; Hansen, M.; Locke, M.; Ellis, E.; Jones, B.; Barber, C.V.; Hayes, R.; Kormos, C.; Martin, V.; Crist, E.; Sechrest, W.; Price, L.; Baillie, J.; Weeden, D.; Suckling, K.; Davis, C.; Sizer, N.; Moore, R.; Thau, D.; Birch, T.; Potapov, P.; Turubanova, S.; Tyukavina, A.; Souza, N.; Pinteá, L.; Brito, J.; Llewellyn, O.; Miller, A.; Timberlake, J.; Klöser, H.; Breugel, P.; Maianna L.; Khalaf, F.; Muhammad A. An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm, *BioScience* **2017**, 67, 534–545. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>
147. Myers, N., Mittermeier, R.; Mittermeier, C. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **2000**, 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>

148. Metz, B.; Davidson, O.; Bosch, P.; Dave, R.; Meyer, L. Climate change -mitigation of climate change. Intergovernmental Panel on Climate Change Ginebra (Suiza) **2007**, Inc 21017235, USA, Grupo de Trabajo III. <https://www.osti.gov/biblio/21017235>
149. Jarvis, A.; Hijmans, R. The effect of climate change on crop wild relatives: Agriculture, Ecosystems & Environment [Agric., Ecosyst. Reinar, Environ] 2008, 13-23, 1-2, <https://www.sciencebase.gov/catalog/item/5057b9aae4b01ad7e028b88e>
150. Ramírez, O.; Ruiz, G.; Corral, J. A.; Pérez, M. C.; Villavicencio, G. R.; Mena, M.; Puga, N. Impactos del cambio climático en la distribución geográfica de *Gossypium hirsutum* L. en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* **2014**, 5,10, 1885-1895. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014001401885&lng=es&tlng=es
151. Morrone, J. J. Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. *Zootaxa* **2014**, 3782, 1-110. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1>
152. Jaén, S.O.; Geografía de Panamá. Estudio Introductorio y Antología, Universidad de Panamá, Inc Universidad de Texas **1985**, 472. https://books.google.com.pa/books?id=WIBrAAAAMAAJ&source=gbs_navlinks_s
153. Makay, A. Cien años de Geografía en Panamá. Universidad de Panamá. Artículo. 2003. Disponible en línea: <http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/artpma/cienanosdegeografia.pdf> (consultado el 25 de marzo de 2023).
154. Uchoa, AM Moscas de la fruta (Diptera: Tephritoidea): Biología, plantas hospedantes, enemigos naturales y las implicaciones para su control natural; *IntechOpen*: Londres, Reino Unido, **2012**, Volumen 12, págs. 271–300. <https://doi.org/10.5772/31613>
155. Alvarado, G.L.; Medianero, E. Especies de parasitoides asociados a moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) en Panamá, República de Panamá. *Scientia*, **2021**, 25, 47-62. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UP.195043/Details>
156. Cobos, M.E.; Jiménez, L.; Nuñez, P.C.; Romero, A.D.; Simoes, M.; Sample data and training modules for cleaning biodiversity information, *Biodiversity*, **2018**. 13, 49–50. <https://doi.org/10.17161/bi.v13i0.7600>
157. Lammens, A.; Boria, R.A.; Radosavljevic, A.; Vilela, B.; Anderson R.P. spThin: An R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography, A journal space and time in ecology* **2015**. <https://doi.org/10.1111/ecog.01132>
158. Shaw, J.G.; Sanchez, M.; Spishakoff, L.M.; Trujillo, G.F.; Loppez, D. Dispersal and Migration of Tapa-Sterilized Mexican Fruit Flies. *Journal of Economic Entomology* **1967**, 60, 4, 992–994. <https://doi.org/10.1093/jee/60.4.992>
159. Chambers, D.L.; OConnell, T.B. A Flight Mill for Studies with the Mexican Fruit Fly. *Annals of the Entomological Society of America* **1969**, 62, 4, 917–920. <https://doi.org/10.1093/aesa/62.4.917>
160. Mayara, R.; Dos Santos, M.D.; Martins, M.; Fornazier, J.M.; Uramoto, K.; Ferreira, F.; Zucchi, R.A.; Conde, W.A. Aggregation and spatio-temporal dynamics of fruit flies

- (Diptera, Tephritidae) in papaya orchards associated with different area delimitations in Brazil. *Acta Scientiarum* **2020**. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v44i1.53466>
161. Agencia Meteorológica del Japón. *El Niño: Monitoreo y perspectivas / TCC* ; Agencia Meteorológica del Japón: Tokio, Japón, **2019**; Disponible en línea: <https://www.data.jma.go.jp/multi/index.html?lang=es> (consultado el 13 de septiembre de 2019).
 162. Oficina de Meteorología. Cronología de las influencias climáticas. *Gobierno de Australia*. **2018**. Disponible en línea: <http://www.bom.gov.au/> (consultado el 13 de noviembre de 2018).
 163. Servicio Meteorológico Nacional. *Administración Nacional Oceánica y Atmosférica*; Centro de Predicción Climática de la NOAA, Servicio Meteorológico Nacional: Silver Spring, Maryland, EE. UU., **2018**. Disponible en línea: <https://www.weather.gov/> (consultado el 18 de noviembre de 2018).
 164. Dupin, J.; Smith, S.D. Integrating historical biogeography and environmental niche evolution to understand the geographic distribution of *Datureae*. *American Journal of Botany* **2019**, 106, 5, 667-678. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1281>
 165. Wei, R.; Chan, K.W.; So, W.W. M. A systematic review of remote laboratory work in science education with the support of visualizing its structure through the Hist Cite and Cite Space software. *International journal of science and mathematics education* **2017**,15, 1217-1236. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9740-z>
 166. Moo-Llanes, D.A., Arenas, C.Y.; Baak, B.C. Shifts ecological niche of *Lutzomyia peruensis* under climate change scenarios in Peru. *Med. Vet. Entomology* **2017**. <https://doi.org/10.1111/mve.12219>
 167. NASA, MO DIS Web **2018**. Disponible en línea: <https://modis.gsfc.nasa.gov/> (consultado el 19 de diciembre de 2018).
 168. Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), ¿Qué son El Niño y La Niña? **2020**. Disponible en línea: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/ninonina.html> (consultado el 20 de diciembre de 2020).
 169. Acker, J.; Leptoukh, G. Online analysis improves the use of NASA earth science data. *Eos, Transactions of the American Geophysical Union* **2007**, 88, 2, 14-17. <https://doi.org/10.1029/2007EO020003>
 170. Lobo, J.; Jiménez, V.A.; Real, R. AUC: erratum: predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Global Ecology and Biogeography* **2008**. 17, 145-151. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x>
 171. Carrington, A.M.; Douglas, G.M.; Fieguth, P.F.; Ramsay, T.; Osmani, V.; Wernly, B.; Bennett, C.; Hawken, S.; McInnes, M.; Magwood, O.; Sheikh, Y.; Holzinger, A. Deep ROC Analysis and AUC as Balanced Average Accuracy to Improve Model Selection, Understanding and Interpretation, 6 Figures, submitted to IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), currently under review **2021**. 14. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.11357>

172. Barve, N.; Barve, V.; Jiménez, V.A.; Lira, N.A.; Maher, S.P.; Peterson, A.T.; Soberón, J.; Villalobos, F. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecol. Modell* **2011**, *222*, 1810–1819. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.02.011>
173. Cruz, C. G.; Villaseñor, J. L.; López, M. L.; Martínez, M. E.; Ortiz, E. Selección de predictores ambientales para el modelado de la distribución de especies en Maxent. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, **2014**, *20*, 2, 187-201. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182014000200005&script=sci_abstract
174. Díaz, A.C.J.; Romero, A. L.V.; Miranda, E. D.R. Neotropical páramos as biogeographic units. *Tropical Biology Magazine* **2020**, *68*, 2, 503–516. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i2.39347>
175. Anderson, R.P.; Peterson, T. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* **2003**, *162*, 211-232. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00349-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00349-6)
176. Elith, J.; Phillips, S.J.; Hastie, T.; Dudík, M.; Chee, Y. E.; Yates, C. J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* **2011**, *17*, 43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
177. Mateo, R.; Felcísimo, Á.M.; Muñoz J. Species distributions models: A synthetic revisión. *Revista chilena historia nacional* **2011**, *84*, 2, 217-240. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
178. Moo, L.D.A.; López, O.T.; Torres, M.J.A.; Mosso, G.C.; Casas, M.M.; Samy, A.M. Assessing the Potential Distributions of the Invasive Mosquito Vector *Aedes albopictus* and Its Natural *Wolbachia* Infections in México. *Insects* **2021**, *12*, 2, 143. <http://dx.doi.org/10.3390/insects12020143>
179. Cobos, M.E.; Peterson, A.T.; Osorio, O.L.; Jiménez, G.D. An exhaustive analysis of heuristic methods for variable selection in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Informatic* **2019**, *53*, <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.100983>
180. Pliscoff, P.; Fuentes, T. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de geografía de Norte Grande* **2011**, *48*, 61-79. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022011000100005>
181. Owens, H.L.; Campbell, L.P.; Dornak, L.L.; Saupe, E.E.; Barve, N.; Soberón, J.; Ingenloff, K.; Lira, N.A.; Hensz, C.M.; Myers, C.E.; Peterson, A.T. Constraints on interpretation of ecological niche models by limited environmental ranges on calibration areas. *Ecological Modelling* **2013**, *263*, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.04.011>
182. Brown, J.L. SDM toolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. *Methods in Ecology and Evolutions* **2014**, *5*, 694–700. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12200>

183. Brown, J.L.; Bennett, J.R.; Connor, M. SDMtoolbox 2.0: the next generation Python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. *PeerJ* **2017**, <https://doi.org/10.7717/peerj.4095>
184. Pearson, R.G.; Raxworthy, C.J.; Nakamura, M.; Peterson, A.T. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeographic* **2006**, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x>
185. Pinto, J.N.; Bares, C.J. Predicting species distributions and community composition using satellite remote sensing predictors. *Scientific Report* **2021**, *11*, 16448. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96047-7>
186. Paini, D.R.; Sheppard, A. W.; Cook, D. C.; De Barro, P. J.; Worner, S. P.; Thomas, M. B. Global threat to agriculture from invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2016**, *113*, 27, 7575-7579. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602205113>
187. Lódola, A. Contratistas, Cambios Tecnológicos y Organizacionales en el Agro Argentino, Documentos de Proyectos No. 176. Disponible en línea: <https://hdl.handle.net/11362/36772> (consultado el 25 de abril de 2023).
188. Atencio, V. R.; Collantes, G. R.; Caballero, E. M.; Hernández, A. P.; Vaña, H. M. Impacto de los Insectos en la Seguridad Alimentaria en Panamá. *Ciencia Agropecuaria* **2021**, *36*, 139-165. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/609>
189. Amat, E.; Altamiranda, S. M.; Canal, N.; Gómez, P. L. Changes in the potential distribution of the guava fruit fly *Anastrepha striata* (Diptera, Tephritidae) under current and possible future climate scenarios in Colombia. *Entomological Research Bulletin* **2022**, *112*, 4, 469-480. <https://doi.org/10.1017/S0007485321000985>
190. Machado, T.C.; Krüger, P.; Edson, N.D.; Mello, G.F. Potential global distribution of the south American cucurbit fruit fly *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae), *Crop Protection* **2021**, *45*, 0261-2194. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105647>
191. Silva, J.G. Biología e comportamento de *anastrepha grandis* (macquart, 1846) (Diptera: Tephritidae), Dissertação Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo **1991**, <https://repositorio.usp.br/item/000733447>
192. Topón, R.L.M. Ciclo Biológico de la Mosca de la Fruta del Género (*anastrepha* spp.) a dos temperaturas, Salache – Cotopaxi UTC. Latacunga Tesis en Ingeniería Agronómica, Ecuador **2020**, 93. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7050>
193. Fúnez, X.I. Características biológicas de *Anastrepha grandis* (Macuart,1846) en relación con su hospedero natural, *Fevillea Cordifolia* en Darién, Panamá. Maestría tesis, Universidad de Panamá, **2014**. <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/348>
194. Bonebrake, T.C.; Deutsch, C.A. Climate heterogeneity modulates impact of warming on tropical insects. *Ecology*, **2012**, *93*, 3, 449-55. <https://doi.org/10.1890/11-1187.1>
195. De La Vega, G.J.; Schilman, P.E. La importancia de la fisiología en la distribución geográfica de los insectos. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* **2015**, *74*

- ,3-4, 101-108. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802015000200001&lng=es&tlng=
196. Addo, B.A.; Chown, S.L.; Gaston, K.J. Thermal tolerance, climatic variability and latitude. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* **2000**, 267, 1445, 739-745. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1065>
197. Esparza, M. La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia* **2014**, 89, 193-219. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-03482014000200008&lng=es&tlng=es
198. González, O.D.; Córdoba, A.A.; Dáttilo, W.; Noriega, L.A.; Sánchez, G.R.A.; Villalobos, F. Insect responses to heat: physiological mechanisms, evolution and ecological implications in a warming world. *Biological Reviews* **2020**, 95, 3, 802-821. <https://doi.org/10.1111/brv.12588>
199. Bruniard, E. D. La diagonal árida Argentina: un límite climático real. *Revista Geográfica* **1982**, 95, 5–20. <http://www.jstor.org/stable/40992410>
200. Mason, S.J.; Goddard, L. Probabilistic Precipitation Anomalies Associated with ENSO. Research Paper, Bulletin of the American Meteorological Society **2001**, 619–638. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2001\)082<0619:PPAAWE>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2001)082<0619:PPAAWE>2.3.CO;2)
201. Karlin, M.S. Cambios temporales del clima en la subregión del Chaco Árido. *Multequina* **2012**, 21, 1, 3-16. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292012000100001&lng=es&tlng=es
202. Fava, G.A.; Acosta, J.C.; Blanco, G.M. The effects of seasonality and precipitation in the avifauna of the Argentine Southern Chaco Serrano. *Tropical Biology Journal* **2017**, 65, 3, 953-961. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v65i3.29434>
203. Flores, A.R.; Kazuz, Y.E.M.; García, V.E.; Ayala, B.A.; Garrido, R.E.R.; Aceves, M.A.C.; Sánchez, O.M. A.; Tejacal, A.I. Control de *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) y calidad de los frutos de zapote mamey *Pouteria sapota* (Jacq) Moore & Stearn tratados con aire caliente forzado. *Revista Chapingo* **2009**, 15, 1, 9-15. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000100003&lng=es&tlng=es
204. Pinzón, E.P.; Tejada, L.O.; Toledo, J.; Enkerlin, W.; Hurtado, C.H.; Valle, J.; Pérez, J.N.; Liedo, P. Caracterización de la adaptación de *anastrepha serpentina* (wied.) (diptera: tephritidae) a condiciones de cría masiva. *Folia Entomológica Mexicana* **2006**, 45, 2, 97-112. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42445204>
205. Alexander, M.; Kulminski, F.M.; Irina, V.; Culminkaya, K.G.; Arbeev, S.V.; Ukraintseva, J.R.; Carey, AI. Date of eclosion modulates longevity: Insights across dietary-restriction gradients and female reproduction in the mexfly *Anastrepha ludens*. *Experimental Gerontology* **2009**, 44, 11, 718-726. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2009.08.007>
206. Alonso, E.H. Sincronía biológica, relación interespecífica y análisis de calidad hospedera de *pouteria buenaventurensis* (Sapotacea) con *anastrepha serpentina* y

- anastrepha intermedia*, n.sp. en Altos de Pacora. Maestría tesis, Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. 2000. <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/3949>
207. Omkar, R.S.; Pandey, P. Effect of temperature on development and immature survival of *Zygogramma bicolorata* (Coleoptera: Chrysomelidae) under laboratory conditions. *International Journal of Tropical Insect Science* 2008, 28, 3, 130-135. <https://doi.org/10.1017/S1742758408091728>
 208. Chaverri, L.G.; Soto, M.J.; Jirón, L.F. Biology and ecology of *Anastrepha obliqua* (diptera: tephritidae), plague of Anacardiaceae plants in tropical America. II. Mature stages. *Mesoamerican Agronomy* 2006, 10, 2, 99–102. <https://doi.org/10.15517/am.v10i2.17949>
 209. Soto, M.J.; Chaverri, L.G.; Jirón, L.F. Notes on the biology and ecology of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae), pest of plants in Tropical América. I. Immature forms. *Mesoamerican Agronomy* 2016, 8, 2, 116–120. <https://doi.org/10.15517/am.v8i2.24673>
 210. Hernández, E.; Ruiz, M.L.; Toledo, J.; Montoya, P.; Liedo, P.; Aceituno, M. M.; Perales, H. A comparison of sexual competitiveness and demographic traits of *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae) among fruit-associated populations. *Bulletin of Entomological Research* 2019, 109,3, 333-341. <https://doi.org/10.1017/S0007485318000573>
 211. Candanedo, M.; Villarreal, D.; Bernal, S. Uso de registros de temperatura máxima promedio de las estaciones meteorológicas de ETESA, para la creación de mapas de temperatura mediante el uso de programa ArcGIS. *Revista De Iniciación Científica* 2020, 6,2, 9-14. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.2.2878>
 212. Kemp, W.P.; Bosch, J. Effect of Temperature on *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) Prepupa–Adult Development, Survival, and Emergence. *Journal of Economic Entomology* 2005, 98, 6, 1917-1923. <https://doi.org/10.1093/jee/98.6.1917>
 213. Bateman, M.A. The Ecology of Fruit Flies. *Annual review of entomology* 1972, 17, 1, 493-518 <https://doi.org/10.1146/annurev.en.17.010172.002425>
 214. Cruz, L.L.; Malo, E.A.; Rojas, J.C. Sex Pheromone of *Anastrepha striata*. *Journal of Chemical Ecology* 2015, 41, 458–464. <https://doi.org/10.1007/s10886-015-0581-y>
 215. Pérez, D.; Aluja, M. *Anastrepha striata* (Diptera: Tephritidae) Females That Mate with Virgin Males Live Longer, *Annals of the Entomological Society of America* 2004, 97, 6, 1336–1341, [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[1336:ASDTFT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[1336:ASDTFT]2.0.CO;2)
 216. García, A.E.C.; Martínez, A.J.O.; Gómez, P.L.M. Distribución geográfica potencial de *Anastrepha striata* (Schiner 1868) (Diptera: Tephritidae) en Colombia. Documento de conferencia, Asociación Colombiana de Zoología. Noviembre 21 al 26 de 2010 Medellín, Colombia 2010. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1462>
 217. Phillips, S.J.; Dudík, M.; Elith, J.; Graham, C.H.; Lehmann, A.; Leathwick, J.; Ferrier, S. Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence. *Ecol Appl.* 2009, 19, 1, 181-197. <https://doi.org/10.1890/07-2153.1>

218. Gaffney, P.M. Roots of the Niche Concept. *Am Nat.* **1975**, 109, 490. Disponible en línea: <https://www.jstor.org/stable/2459921> (consultado el 15 de diciembre de 2023)
219. Greg, J.M.; Rampal, S.E. Stitch the niche – a practical philosophy and visual schematic for the niche concept. *J. Biogeogr.* **2012**, 39, 12, 2103-2111. <https://doi.org/10.1111/jbi.12032>
220. Leibold, M.A. The Niche Concept Revisited: Mechanistic Models and Community Context. *Ecol. Soc. Am.* **1995**, 76, 5, 1371-1382. <https://doi.org/10.2307/1938141>
221. Peterson, A.T. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *Q Rev Biol.* **2003**, 78, 4, 419-33. <http://dx.doi.org/10.1086/378926>
222. García, FRM; Ovruski, SM; Suárez, L.; Cancino, J.; Liburd, OE Control biológico de moscas de la fruta tefritidas en las Américas y Hawái: una revisión del uso de parasitoides y depredadores. *Insects* **2020**, 11, 662. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071558>
223. Blanco, C.; Abad, C.; Murguía, L.; Gregorio, M.; Aruquipa, A.; Bernabé, L.; Anaya, U.; Espinoza, J. R. Modelo de fluctuación poblacional de moscas de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedemann 1824) y *Anastrepha* spp (Díptera: Tephritidae) en dos rutas en el municipio de Caranavi, Bolivia. *J Selva Andin Res So.* **2018**. 9, 1, 3-24. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942018000100002&lng=es&tlng=es
224. Valdés, A.L.; Guillén, S.R. The evolutionary outcomes of climate-change-induced hybridization in insect populations. *Curr. Opin. Insect. Sci.* **2022**, 54, 100966, <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100966>
225. Vanoye, E. V.; Pérez, C. R.; Gaona, G. G.; Lara, V.; Barrientos, L. L. Fluctuación poblacional de *Anastrepha ludens* en la región de Santa Engracia, Tamaulipas, México. *Rev. Mexicana cienc. agric.* **2015**, 6, 5, 1077-1091. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500014&lng=es&tlng=es
226. Lopez, H.; Lee, S.K.; Kim, D. Projections of faster onset and slower decay of El Niño in the 21st century. *Nat Commun.* **2022**, 13, 1915 <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29519-7>
227. Wang, B.; Luo, X.; Min Yang, Y.; Liu, L. Historical change of El Niño properties sheds light on future changes of extreme El Niño *Proc. Acad. Nacional. Ciencia. Estados Unidos.* **2019**, 116, 22512–22517 <https://doi.org/10.1073/pnas.1911130116>
228. Murray, WE La Globalización de la Fruta, los Cambios Locales y el Desigual Desarrollo Rural en América Latina: Un Análisis Crítico del Complejo de Exportación de Fruta Chilena. EURE, XXV (75). 1999. Disponible en línea: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19607504> (consultado el 28 de diciembre de 2023).
229. Aguilar, JJM; Berrío, AR; Hidalgo, EAM; Pincay, CAM Organización de la Diversidad Vegetal en la Presencia de *Anastrepha* spp. en Vinces, Ecuador. *Rev. Cienc. Soc.* **2021**, 27, 355–371. Disponible

- online: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8081777> (consultado el 28 de diciembre de 2023).
230. Aluja, M.; Ovruski, SM; Mello Garcia, FR; Hurtado, M.; Enkerlin, W. Manejo de moscas de la fruta (Tephritidae) en la región neotropical: historia, estado del arte y perspectivas. En *Manejo de moscas de la fruta en las Américas*; Mello Garcia, FR, Ed.; Springer: Cham, Suiza, 2024. <http://hdl.handle.net/11336/236308>
 231. Flores, P.; Gamarra, H.; Panchi, N.; Fonseca, C.; Carhuapoma, P.; Pradel, W.; González, MA; Rodríguez, H.; Velasco, C. Mapas de Riesgo: Herramienta para la Toma de Decisiones en el Control de Plagas Frente al Cambio Climático. Programa de Investigación del CGIAR Sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS). 2020. Disponible en línea: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/111451> (consultado el 30 de diciembre de 2023).
 232. Referencia de la herramienta de geoprocésamiento de ArcGIS Pro. Disponible en línea: [alt https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.htm](https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.htm) (consultado el 29 de diciembre de 2023).
 233. Johnston, G. Representatividad de las áreas protegidas en la región de Algonquina a Adirondacks: un análisis de brechas. Tesis doctoral, Queen's University, Kingston, ON, Canadá, 2023. Disponible en línea: <http://hdl.handle.net/1974/31671> (consultado el 30 de diciembre de 2023).
 234. Qiao, H.; Peterson, A. T.; Campbell, L. P.; Soberón, J.; Ji, L.; Escobar, L. E. NicheA: creating virtual species and ecological niches in multivariate environmental scenarios. *Ecography*. **2016**, 39,8, 805–813. <https://doi.org/10.1111/ecog.01961>
 235. Robayo, C. A. P.; Escobar, L. E.; Osorio, O. L. A.; Nori, J.; Varela, S.; Martínez, M. E.; Velásquez, T. J.; Rodríguez, S. C.; Munguía, M.; Castaneda, A. N. P.; Lira, N. A.; Soley, G. M.; Serra, D. J. M.; Peterson, A.T. Introducción a los Análisis Espaciales con Énfasis en Modelos de Nicho Ecológico. *Biodiver. Informat.* **2017**, 12. <https://doi.org/10.17161/bi.v12i0.6507>
 236. Santos, R.; Pérez, H. R.; López, B. M.; Hernández, W.R.; Muñoz, F. J.; Vidal, J.; Santos, R. M. D. El nicho ecológico como herramienta para predecir áreas potenciales de dos especies de pino. *Rev. Mex. Cienc.* **2018**, 9, 48, 47-68. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48>
 237. Donatelli, M.R.D.; Magarey, S. B.; Willocquet, L. J. P.; Whish, S. S. Modelling the impacts of pests and diseases on agricultural systems. *Agric. Syst.* **2017**, 155, 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.019>
 238. Aluja, M.; Ordono, M.; Guillén, L.; Rull, R. Understanding Long-Term Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Population Dynamics: Implications for Areawide Management, *J. Econ. Entomol.* **2012**, 105, 3, 823–836, <https://doi.org/10.1603>
 239. Santos, R.; Pérez, H. R.; López, B. M.; Hernández, W.R.; Muñoz, F. J.; Vidal, J.; Santos, R. M. D. El nicho ecológico como herramienta para predecir áreas potenciales de dos especies de pino. *Rev. Mex. Cienc.* **2018**, 9, 48, 47-68. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48>

240. Donatelli, M.R.D.; Magarey, S. B.; Willocquet, L. J. P.; Whish, S. S. Modelling the impacts of pests and diseases on agricultural systems. *Agric. Syst.* **2017**, *155*, 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.019>
241. Aluja, M.; Ordano, M.; Guillén, L.; Rull, R. Understanding Long-Term Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Population Dynamics: Implications for Area-wide Management, *J. Econ. Entomol.* **2012**, *105*, 3, 823–836, <https://doi.org/10.1603>
242. García, MFR Cap. 15, Especies de parasitoides asociadas con moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Diptera, Tephritidae) en Panamá. En *Manejo de moscas de la fruta en las Américas*; Springer International Publishing: Cham, Suiza, 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48608-1_15
243. Alberti, JDP; Iribarne, O. ¿Blanco, negro o escala de grises?: Determinación de la contribución relativa del nicho ecológico y la teoría neutral en los conjuntos de especies. *Ecológico. Austral.* **2018**, *28*, 104-112. Disponible en línea: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2018000100013&lng=es&tlng=es (consultado el 2 de enero de 2024). [[Referencia cruzada](#)]
244. Castañeda, MDR; Osorio, F.; Canal, NA; Galeano, P.É. Especies, distribución y hospederos del género *Anastrepha* Schiner en el departamento del Tolima, Colombia. *Agrón. Colombia.* **2010**, *38*, 265–271. Disponible en línea: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180315602010> (consultado el 2 de enero de 2024).
245. Joachim, I. S.; Magalhães, T. C.; Silva, N. A.M.D.; Guimarães, A.N.; Nascimento, A.S. Longevidad y fecundidad de cuatro especies de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). *Entomología Neotropical.* **2003**, *32*, 4, 543-549. <https://www.scielo.br/j/ne/a/qGrX4Jm96QZNzZXMTcXgTdy/?lang=en>
246. Guisan, A.; Petitpierre, B.; Broennimann, O.; Daehler, C.; Kueffer, C. Unifying niche shift studies: insights from biological invasions. *Trends Ecol. Evol.* **2014**, *29*, 5, 260–269. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.02.009>
247. Valiente, M.Ó. Evolución en el Estudio del Fenómeno ENSO (El Niño-Oscilación del Sur): De Anomalía «local» a la predicción de Variaciones Climáticas Globales. *Investigando. Geogr.* **1999**, *21*, 5-20. Disponible en línea: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17654250001> (consultado el 30 de diciembre de 2023).
248. Espinosa, C.; Luzuriaga, MAL; Escudero, A. Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: Diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas* **2012**, *21*, 167–179. Disponible en línea: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54026849013> (consultado el 2 de enero de 2024).
249. Ramos, P.A.M.; Yábar, L.E.; Ramos, P. J. C. Diversidad, fluctuación poblacional y hospedantes de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) en el valle de Abancay, Apurímac, Perú. *Acta Zoologica mexicana (N.S.)*. **2019**, *35*, 1–21. <https://doi.org/10.21829/azm.2019.3501208>

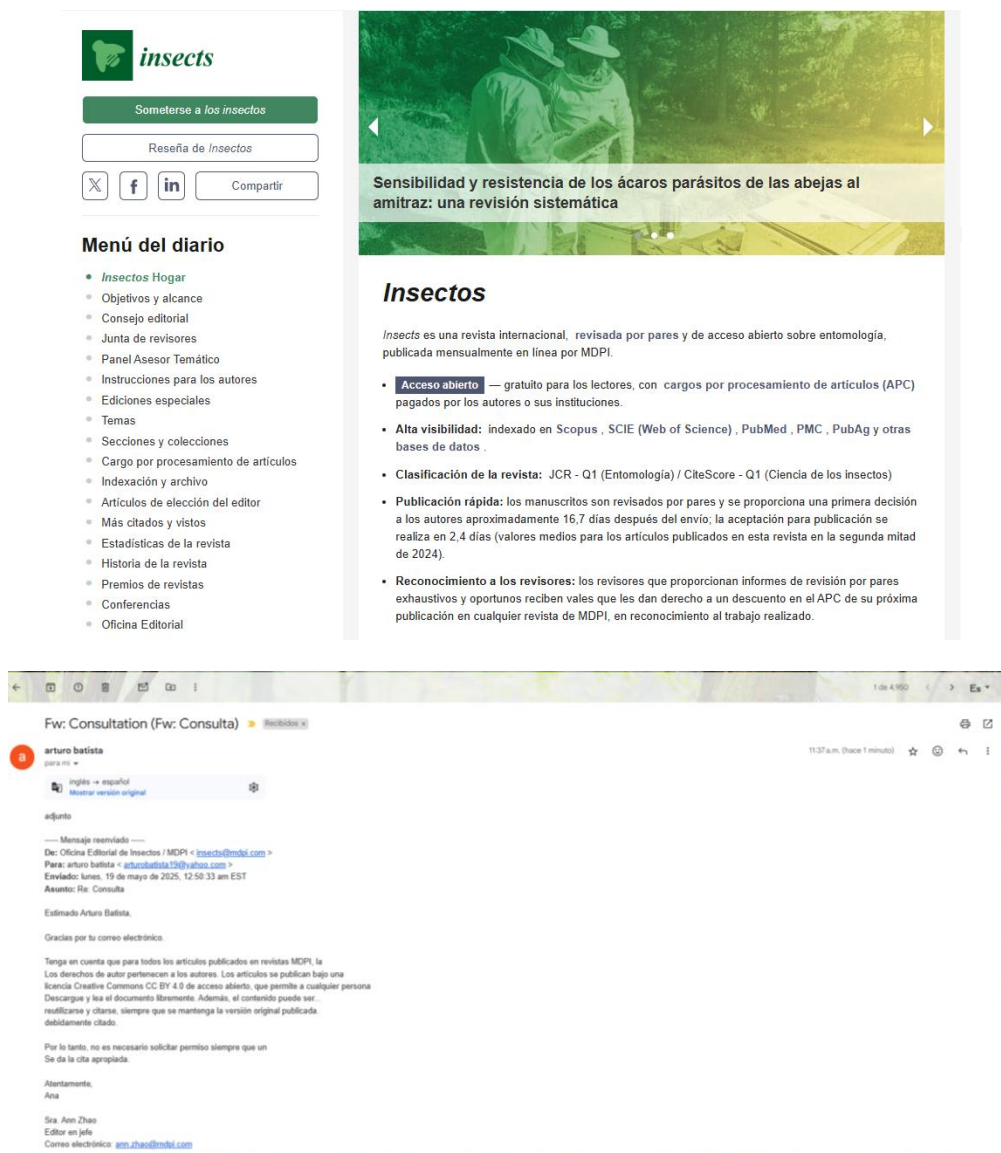
250. Ibarra, D. V. I.; Lebgue, K. T.; Viramontes, O. O.; Reyes, C. I.; Ortega, G. J. A.; Morales, N. C. Modelo de Nicho Fundamental para *Coryphantha chihuahuensis* (Cactacea) en el estado de Chihuahua, México. *Ecol. Apl.* **2016**, *15*, 1, 11-18. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i1.578>
251. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura—Convención Internacional Fitosanitaria, Enfoque de Sistemas para el Manejo del Riesgo de Plagas de Moscas de la Fruta (Tephritidae). Disponible en línea: <https://www.fao.org/3/k6768s/k6768s.pdf> (consultado el 2 de febrero de 2024).
252. Castillo, D.A.M. Incidencia del Tratamiento Hidrotérmico Aplicado en la Fase Larval de *Anastrepha Striata* Schiner (Diptera: Tephritidae) Sobre la Descendencia de la Especie. Tesis Doctoral, Universidad Central de Venezuela, Distrito Capital, Venezuela, 2013. Disponible en línea: <http://saber.ucv.ve/handle/10872/4192> (consultado el 2 de febrero de 2024).
253. Soberon J, Arroyo, P.B. Are fundamental niches larger than the realized? Testing a 50-year-old prediction by Hutchinson. *Plos One.* **2017**, *12*, 4. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175138>
254. Tucuch, C.; Fulgencio, M.; Chi-Que, G.; Orona, C. F. Dinámica poblacional de adultos de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha* sp. (Diptera: Tephritidae) en Campeche, México. *Agric. Téc. Méx.* **2008**, *34*, 3, 341-347. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000300009&lng=es&tlng=es
255. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura—Convención Internacional Fitosanitaria, Establecimiento de Áreas Libres de Plagas para Moscas de la Fruta (Tephritidae). 2019. NIMF26-29. Disponible en línea: <https://www.fao.org/3/k7557s/k7557s.pdf> (consultado el 5 de febrero de 2024).
256. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Guía Básica de las Principales Moscas de la Fruta-Plagas en el Mundo. Disponible en línea: <https://web.oirsa.org/wp-content/uploads/2023/02/World-Fruit-Fly-Guide-Spanish-Proof-2.pdf> (consultado el 5 de febrero de 2024).
257. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Convención Internacional Fitosanitaria- Convención Internacional Fitosanitaria, Lista de Plagas Reglamentadas. Disponible en línea: <https://www.ippc.int/es/countries/all/regulatedpests/> (consultado el 6 de febrero de 2024).
258. Santos, RPD; Silva, JG; Miranda, EA Distribución potencial pasada y actual de la mosca de la fruta *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) en América del Sur. *Neotrop. Entomol.* **2020**, *49*, 284–291. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00741-1>
259. Guillén, L.; Pascacio, V.C.; Osorio, P.I.; Ortega, C.R.; Enciso, O.E.; Altúzar, M.A.; Velázquez, O.; Aluja, M. Coping with global warming: Adult thermal thresholds in

- four pestiferous *Anastrepha* species determined under experimental laboratory conditions and development/survival times of immatures and adults under natural field conditions. *Front. Physiol.* **2022**, *13*, 991923. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.991923>
260. Enfield, D. B.; Alfaro, E. J. The Dependence of Caribbean Rainfall on the Interaction of the Tropical Atlantic and Pacific Oceans. *J. Clim.* 1999, *12*, 7, 2093-2103. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<2093:TDOCRO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<2093:TDOCRO>2.0.CO;2)
261. Organismo Internacional de Energía Atómica. Plan Estratégico Regional de Centroamérica, Panamá y Belice, para Exportar Frutas y Hortalizas Producidas en Áreas Libres y Baja Prevalencia de Moscas de la Fruta. Austria. 2021. Disponible en línea: <https://www.iaea.org/sites/default/files/ipc-plan-estrategico-centroamerica-moscas-de-la-fruta.pdf> (consultado el 6 de febrero de 2024).
262. Takahashi, K.; Dewitte, B. Strong and moderate nonlinear El Niño regimes. *Clim Dyn.* 2016, *46*, 1627–1645 <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2665-3>
263. Takahashi, K. Variedades de El Niño. En *Boletín Técnico: Generación de Modelos Climáticos para el Pronóstico de la Ocurrencia del Fenómeno El Niño*; Instituto Geofísico del Perú: Lima, Perú, 2014; Volumen 1, págs. 4–7. Disponible en línea: <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5042> (consultado el 2 de febrero de 2024).
264. Gómez, P.; Monge, N. J. Climate and the ecology of some insects from the Northwestern region of Costa Rica. 2007. Available on line: <https://www.researchgate.net/publication/237279246> (accessed 3 January 2024).
265. Teixeira, C.M.; Krüger, A.P.; Nava, D.E.; Garcia, F.R.M. Potential global distribution of the south American cucurbit fruit fly *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae). *Crop Prot.* **2021**, *145*, 105647. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105647>
266. Bolzan, A.; Nava, D.E.; Smaniotto, G.I.; Mello Garcia, F.R.M. Biology of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) in Different Cucurbits. *J. Econ. Entomol.* **2015**, *108*, 1034–1039. <https://doi.org/10.1093/jee/tov056>
267. Atencio, V. R.; Collantes, G. R. Applied approach to entomology during the last forty-years in Panama. *Agron. Mesoam.* **2022**, *34*, 1, 50756. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50756>

11. ANEXOS

11. LISTA DE ANEXOS

Permiso de la revista *Insects*, para la publicación y sustentación de la tesis en los artículos de los capítulos 2 y 3 publicados en ellas.



The image shows two screenshots related to the journal *Insects*. The top screenshot is the journal's homepage, featuring the logo, a navigation menu, and a featured article titled "Sensibilidad y resistencia de los ácaros parásitos de las abejas al amitraz: una revisión sistemática". The bottom screenshot is an email from the journal editor, Ana, to Arturo Batista, confirming the publication of his article and providing contact information.

insects
Someterse a los *insects*
Reseña de *Insects*
Compartir

Menú del diario

- *Insects* Hogar
- Objetivos y alcance
- Consejo editorial
- Junta de revisores
- Panel Asesor Temático
- Instrucciones para los autores
- Ediciones especiales
- Temas
- Secciones y colecciones
- Cargo por procesamiento de artículos
- Indexación y archivo
- Artículos de elección del editor
- Más citados y vistos
- Estadísticas de la revista
- Historia de la revista
- Premios de revistas
- Conferencias
- Oficina Editorial

Sensibilidad y resistencia de los ácaros parásitos de las abejas al amitraz: una revisión sistemática

Insects

Insects es una revista internacional, revisada por pares y de acceso abierto sobre entomología, publicada mensualmente en línea por MDPI.

- **Acceso abierto** — gratuito para los lectores, con cargos por procesamiento de artículos (APC) pagados por los autores o sus instituciones.
- **Alta visibilidad:** indexado en Scopus, SCIE (Web of Science), PubMed, PMC, PubAg y otras bases de datos.
- **Clasificación de la revista:** JCR - Q1 (Entomología) / CiteScore - Q1 (Ciencia de los insectos)
- **Publicación rápida:** los manuscritos son revisados por pares y se proporciona una primera decisión a los autores aproximadamente 16,7 días después del envío; la aceptación para publicación se realiza en 2,4 días (valores medios para los artículos publicados en esta revista en la segunda mitad de 2024).
- **Reconocimiento a los revisores:** los revisores que proporcionan informes de revisión por pares exhaustivos y oportunos reciben vales que les dan derecho a un descuento en el APC de su próxima publicación en cualquier revista de MDPI, en reconocimiento al trabajo realizado.

arturo batista
para mí

inglés → español
Mostrar versión original

adjunto

— Mensaje reenviado —
De: Oficina Editorial de *Insects* / MDPI <insects@mdpi.com>
Para: arturo batista <arturobatista25@yahoo.com>
Enviado: lunes, 19 de mayo de 2025, 12:50:33 am EST
Asunto: Re: Consulta

Estimado Arturo Batista,

Gracias por tu correo electrónico.

Tenga en cuenta que para todos los artículos publicados en revistas MDPI, la Licencia de autor pertenecen a los autores. Los artículos se publican bajo una licencia Creative Commons CC BY 4.0 de acceso abierto, que permite a cualquier persona descargar y leer el documento libremente. Además, el contenido puede ser modificado y citarse, siempre que se mantenga la versión original publicada debidamente citada.

Por lo tanto, no es necesario solicitar permiso siempre que un Se da la cita apropiada.

Atentamente,
Ana
Sra. Ana Zhao
Editor en jefe
Correo electrónico: ana.zhao@mdpi.com

11.1. Listado de las publicaciones en la tesis

CAPITULO 2. Evaluación del efecto del ciclo ENOS sobre el potencial de distribución de algunas especies del género *Anastrepha* de importancia hortícola en el Neotrópico y Panamá.

Para este capítulo, la versión original esta reproducida en lenguaje Ingles, en la revista científica *Insects*, que fue publicado el 18 de agosto del 2023.

La cita bibliográfica para consultar es la siguiente:

Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Evaluation of the effect of the ENSOC Cycle on the Distribution Potential of the Genus *Anastrepha* of Horticultural Importance in the Neotropics and Panama. *Insects* 2023, 14, 714. <https://doi.org/10.3390/insetcs14080714>

Insects, es una revista internacional de entomología, revisada por pares y de acceso abierto, publicada mensualmente en línea por MDPI.

Se encuentra indexada en Scopus, SCIE (Web of Science), PubMed, PMC, PubAg y otras bases de datos. Es clasificada en JCR - Q1 (Entomología) / CiteScore - Q1 (Ciencia de los Insectos).

El Factor de impacto de la revista se encuentra en 2.7 (2023) y el Factor de impacto a 5 años: 2.9 (2023).

Contribuciones de los autores a la revista:

Conceptualización, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M.; Metodología, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Validación, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Análisis formal, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Investigación, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Revisión de datos, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Redacción: preparación del borrador original, Degracia, A.B.; redacción: corrección y edición, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Supervisión, Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M.; Gestión de actividades, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino,

R.A.; Altamiranda-Saavedra, M.; Metodología, Degracia, A.B.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M.; adquisición de financiación, Degracia, A.B. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

CAPITULO 3. Incidencia del ciclo El Niño-Oscilación del Sur en el nicho fundamental existente y riesgo de establecimiento de algunas especies de *Anastrepha* (Diptera-Tephritidae) de importancia hortícola en el Neotrópico y Panamá.

El capítulo en mención, su versión original se encuentra reproducida en lenguaje Ingles, en la revista científica *Insects*, la cual fue publicado el 4 de mayo del 2024.

La cita bibliográfica para consultar es la siguiente:

Degracia, A.B.; Ávila Jiménez.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Incidence of the El Niño-Southern Oscillation Cycle on the Existing Fundamental Niche and Establishment Risk of some *Anastrepha* Species (Diptera-Tephritidae) of Horticultural Importance in the Neotropics and Panama. *Insects* 2024, 15, 331.

<https://doi.org/10.3390/insects15050331>

Insects, es una revista internacional de entomología, revisada por pares y de acceso abierto, publicada mensualmente en línea por MDPI.

Se encuentra indexada en Scopus, SCIE (Web of Science), PubMed, PMC, PubAg y otras bases de datos. Es clasificada en JCR - Q1 (Entomología) / CiteScore - Q1 (Ciencia de los Insectos).

El Factor de impacto de la revista se encuentra en 2.7 (2023) y el Factor de impacto a 5 años: 2.9 (2023).

Contribuciones de los autores a la revista:

Conceptualización, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M.; Metodología, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Validación, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Análisis formal, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Investigación, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Revisión de datos, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Redacción: preparación

del borrador original, Degracia, A.B.; redacción: corrección y edición, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M. Supervisión, Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M.; Gestión de actividades, Degracia, A.B.; Jiménez, J.A.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M.; Metodología, Degracia, A.B.; Alvarado, A.B.; Valdespino, R.A.; Altamiranda-Saavedra, M.; adquisición de financiación, Degracia, A.B. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.



El objetivo fue evaluar la Incidencia del Ciclo ENOS en la Distribución Potencial, Nicho Ecológico, y Riesgo de Establecimiento de Algunas Especies del Género *Anastrepha* spp, de Importancia Hortofrutícola en el Neotrópico y Panamá. Se fortaleció las tomas de decisiones en las políticas económicas y seguridad alimentaria, con planes preventivos en el control de especies insectiles en América.