



CULTIVO DE CAFÉS ESPECIALES EN HONDURAS Y EN ISRAEL

RESUMEN

Investigación científica agrícola colaborativa entre Honduras e Israel, con la participación de la Universidad Hebrea de Jerusalén, la Universidad de Haifa y la Universidad Cristiana Evangélica Nuevo Milenio, para tecnificar el cultivo de cafés especiales en Honduras e iniciar el cultivo de cafés especiales en condiciones protegidas en Israel.



Febrero de 2023

Alcides Iván Meza Muñoz, investigador

Contenido

I. ANTECEDENTES	6
II. JUSTIFICACION	10
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3.1 La producción actual del café	12
3.2 El café especial en Honduras	14
3.3 El potencial del cultivo de café en Israel	15
3.4 Las características de la producción de café especial	16
3.5 Las variedades recomendadas para el café especial	17
3.6 El énfasis en los requerimientos técnicos principales	17
3.6.1 Mejoramiento varietal	18
3.6.2 Medición de humedad y secado	19
3.6.3 Agricultura protegida en ambiente semiárido	20
3.6.4 Tecnificación del cultivo	22
IV. OBJETIVOS	23
4.1 Objetivo general	23
4.2 Objetivos específicos	23
V. DISEÑO METODOLOGICO	24
5.1 Diseño del estudio	24
5.2 Características del estudio	25
5.2.1 Tipo de estudio	26
5.2.2 Transversalidad	26
5.2.3 Temporalidad	26
5.2.4 Causalidad	26
5.2.5 Cobertura geográfica	26
5.3 Población beneficiaria	27
5.3.1 Población fuente	27
5.3.2 Población dentro del estudio	28
5.4 Marco muestral	28
5.5 Regiones de trabajo del Proyecto	28
5.6 Procesos productivos recomendados para el Proyecto	28
5.7 Capacitación de estudiantes, técnicos y agricultores, intercambios y entrenamiento	29
5.8 Estructura de trabajo en equipo	29
VI. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	29
6.1 Seguimiento	29
6.2 Evaluación	29
6.3 Productos esperados, informes técnicos y publicaciones científicas	30
VII. TAREAS Y PLAN DE TRABAJO	30
VIII. REFERENCIAS	32

TABLA DE ILUSTRACIONES

Foto de la portada proveniente de Flickr, www.flickr.com, tomada por Ing. Miguel Uribe L. en la región de San Pedro Sula, Honduras. <https://www.flickr.com/photos/cidse/6219595785/>

Ilustración 1	Mapa físico de Israel.....	7
Ilustración 2	Experimentación del cultivo de café en Israel	8
Ilustración 3	Anomalía de temperatura en la superficie de los océanos, octubre 2009	9
Ilustración 4	Cambios esperados en las áreas del cultivo de café para 2050, CIAT	14
Ilustración 5	Fórmula estructural de la ocratoxina A.....	20

TABLAS

Tabla 1	Tareas y cronograma de trabajo	31
---------	--------------------------------------	----

ACRÓNIMOS

AHPROCAFE	Asociación Hondureña de Productores de Café
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CLACDS	Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria
ICF	Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre
ICO	International Coffee Organization, Organización Internacional del Café
IHCAFE	Instituto Hondureño del Café
IRD	Institut de recherche pour le développement, Instituto de Investigación para el Desarrollo
PROMECAFE	Programa Cooperativo para la Protección y Modernización de la Caficultura de Centroamérica, Jamaica y República Dominicana
SAG	Secretaría de Agricultura y Ganadería
SCA	Specialty Coffee Association
SCAA	Specialty Coffee Association of America
UCENM	Universidad Cristiana Evangélica Nuevo Milenio
UNAH	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
ha	hectárea, unidad de medida equivalente 10,000 metros cuadrados
msnm	metros sobre el nivel del mar
mz	manzana, unidad de medida de superficie equivalente a 0.7 hectáreas
qq	quintal, unidad de medida equivalente a 100 libras

Resumen de la propuesta

El café es el principal cultivo en el mundo en cuanto al valor económico de sus exportaciones; y es el segundo rubro económico total en el nivel de exportación, después del petróleo y sus derivados. En el año 2020, Honduras fue el sexto productor mundial de café arábica. En la década de los años 1950, el Dr. Israel Gindel experimentó sobre la aclimatación del cafeto a las condiciones naturales semi-áridas israelitas. El cambio climático intensificará la desertificación en los territorios de Honduras y de Israel, afectando en general al rendimiento y a las posibilidades reales de producción de los cultivos en sus condiciones naturales. Israel ha logrado extraordinarios avances en la agricultura de alta tecnología, adaptando el control agrotécnico a los requerimientos de los cultivos. El cafeto es una especie vegetal muy susceptible a los cambios climatológicos. Los pisos altitudinales con buena aptitud para el cultivo del cafeto se están reduciendo. La caficultura actual se orienta a la producción de café especial. Honduras tiene una de las mejores condiciones naturales para el cultivo de cafés especiales en zonas de altura. Honduras e Israel tienen el potencial para ejecutar un proyecto de alta tecnología en el cultivo de café especial. Las condiciones naturales en el territorio hondureño servirán de modelo natural para el establecimiento de una agricultura avanzada en el territorio de Israel, con agricultura protegida, reproduciendo el ambiente natural del cultivo en condiciones artificiales. El proyecto se ejecutará en un período de 9 años, suficiente para crear varias etapas de nuevas variedades híbridas F1 de café especial, modificando los métodos actuales de multiplicación de plantas de cafeto en el campo de los agricultores y en el laboratorio, mediante reproducción vegetativa acelerada por microesquejes, miniesquejes y embriogénesis somática. El proyecto además hará experimentación científica para elevar el nivel tecnológico del cultivo de café especial en las condiciones naturales de las zonas de altura en Honduras y en el ambiente protegido en Israel.

I. ANTECEDENTES

Las condiciones naturales bajo las cuales se puede producir el cultivo de café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) están restringidas a zonas geográficas de clima subtropical, libres de heladas bajo cero grados centígrados por períodos prolongados, con temperaturas óptimas para el cultivo entre los 18 y los 24 grados centígrados y con precipitación pluvial intermedia (desde 1000 mm hasta 2000 mm de lluvia al año) (Figueroa et al., s.f.; EMBRAPA/SEDE, 2004; DaMatta y Rodríguez, 2007; IHCAFE, 2021, Manual).

El café es cultivado en todos los continentes, en más de 70 países. Los principales productores son Brasil, Colombia, Vietnam, Indonesia, México, Etiopía, Honduras, India (International Coffee Organization, www.ico.org, 2022).

Por sus requerimientos agroclimáticos naturales, el cafeto es un cultivo intertropical, característico de los subniveles altitudinales situados entre los 900 hasta los 1600 metros sobre el nivel del mar. Debido a la importancia económica del cultivo, estos límites son sobrepasados, asumiendo los correspondientes riesgos agroclimáticos (Illy y Viani, 2005).

El café es el principal cultivo en el mundo en cuanto al valor económico de sus exportaciones; y es el segundo rubro económico total en el nivel de exportación, después del petróleo y sus derivados. El comercio de café en el mundo ha crecido desde alrededor de 4 millones de sacos de 60 kilogramos en el año 1860 (Illy y Viani, 2005) hasta 175.3 millones de sacos de 60 kilogramos en el año 2020 (International Coffee Organization, www.ico.org, 2022).

En 2020, la producción mundial de café se dividió entre el café arábica (60%) y el café robusta (40%). La producción de café arábica, a su vez, se compuso de Suaves Colombianos (8.9% de la producción mundial), Otros Suaves (16.7%, incluida la producción de Honduras, otros países centroamericanos, y otros países), y Naturales Brasileños (34.4%) (ICO, www.ico.org, 2022).

Para el año 2020, el primer productor mundial de café fue Brasil (69 millones de sacos de 60 kg, 39.4%), seguido de Vietnam (29 millones de sacos, 16.5%), Colombia (14.3 millones, 8.2%), Indonesia (12.1 millones, 6.9%), Etiopía (7.4 millones, 4.2%), Honduras (6.1 millones, 3.5%) (ICO, www.ico.org, 2022).

Honduras ha ido progresivamente elevando su importancia como productor y exportador de cafés especiales suaves y su posición dentro del mercado general de café ha pasado a estar entre los primeros diez y en algunos años, dentro de los primeros seis países. El café es ahora su principal producto agrícola de exportación y encabeza la generación del producto interno bruto agrícola, con un 29% del valor agregado del sector agrícola y un 6.5% del PIB (CLACDS, 1999). Más de 120 mil familias productoras en pequeña escala se benefician de este rubro (IHCAFE, 2021, Informe).

La producción de café en Israel se puede considerar como casi cero. Esto ocurre a pesar de que Israel es uno de los líderes mundiales en la agricultura de alta tecnología, que ha logrado adaptar la ciencia y la tecnología agropecuaria a cualquier entorno de condición ambiental natural para la producción de granos, frutas y vegetales. El territorio del Estado de Israel está muy próximo a la península Arábiga, región históricamente ligada a la difusión del cultivo de café en Asia y Europa,

lo que provocó la designación del nombre de la especie como *Coffea arabica* L. Se reconocen las tierras agrícolas de Egipto, Irán, Turquía, Yemen y Líbano como zonas cercanas en donde se ha producido el cafeto (ICO, 2022; Illy y Viani, 2005).

El territorio del Estado de Israel es de baja altitud, inferior en general a los 1000 metros sobre el nivel del mar. Está situado justo en la parte oriental del Mar Mediterráneo, cuyas tierras adyacentes son reconocidas por un clima cálido, muy distinto al clima de los territorios europeos colindantes al norte. Más de la mitad del territorio en Israel es de clima desértico, con hasta 8 meses de precipitación pluvial inferior a los 80 mm en el año (www.worlddata.info/asia/israel/climate.php) (Ilustración 1).

Ilustración 1 Mapa físico de Israel



Fuente: <http://www.maphill.com/israel/maps/physical-map/free/>

El Dr. Israel Gindel, Doctor en Ciencias Forestales, director de la División de Ecología Forestal de la Estación Agrícola Experimental de Rehovot, del Ministerio de Agricultura de Israel, en la década de los años 1950, intentó introducir el cultivo del cafeto en Israel, sin que se haya alcanzado la adaptación efectiva de la especie al ambiente natural. El objetivo del Dr. Gindel fue la aclimatación de algunas variedades de café en el ambiente local. Sin embargo, la mayor parte de las zonas agrícolas naturales del país son muy bajas y calientes en el verano, y sujetas a temperaturas muy frías en el invierno, por lo que está muy limitada la posibilidad de cultivar el café en las condiciones ambientales óptimas que se alcanzan en otras regiones (Ilustración 2) (Daily, 2018; Gindel, 1962).

Ilustración 2 Experimentación del cultivo de café en Israel

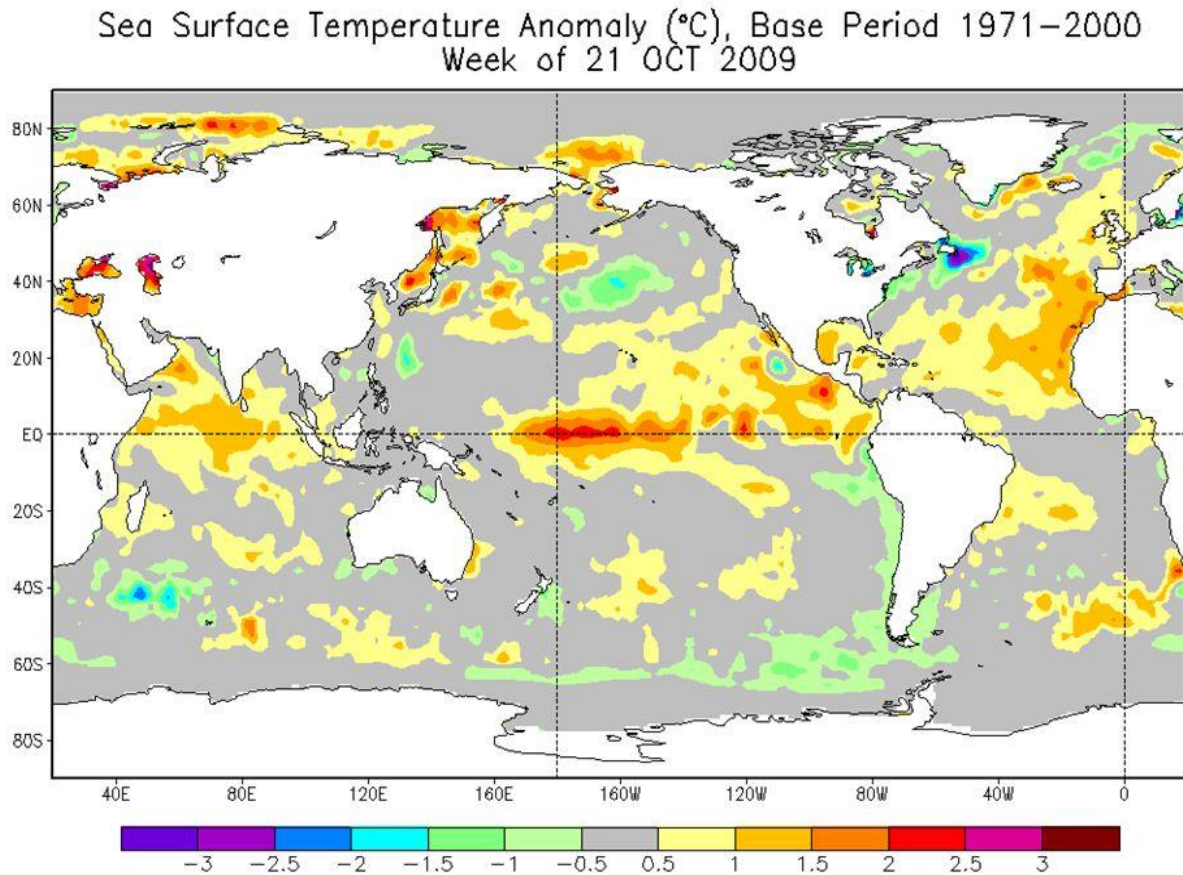


Fuente: <https://blogs.timesofisrael.com/coffee-cultivation-can-be-the-game-changer-for-israel/>

Honduras ha venido siendo el territorio más vulnerable del mundo ante los efectos del cambio climático. Esto es resultado de su ubicación geográfica centrada en el cinturón de calentamiento global del planeta (Meza et al., 2015). Este cinturón climático funciona como un acumulador de temperatura en las aguas superficiales de los dos más grandes océanos de la Tierra, el océano Pacífico y el océano Atlántico, y -por evaporación del agua marina- en la atmósfera y en la superficie terrestre. La existencia de este cinturón es más visible durante los años en los que se presenta el fenómeno de El Niño.

Los territorios de Honduras e Israel comparten su presencia dentro del efecto de generación de aridez del cinturón de calentamiento global del planeta. Este cinturón es el responsable, por ejemplo, de la formación a lo largo de miles de millones de años, del desierto del Sahara y de las demás zonas desérticas relacionadas, en Asia y en Oceanía. Con el avance del cambio climático, la desertificación se profundizará en los territorios de Honduras y de Israel, afectando en general al rendimiento y a las posibilidades reales de producción de los cultivos en sus condiciones naturales (Ilustración 3).

Ilustración 3 Anomalía de temperatura en la superficie de los océanos, octubre 2009



Fuente: <https://slideplayer.es/slide/4046035/>

Las consecuencias de los cambios del clima provocados por el calentamiento global incluyen: mayor frecuencia de sequías (avanzando desde 4 de cada 10 años a 7 de cada 10 años en Honduras), más probabilidad de huracanes y tormentas destructoras (en Honduras, avanzó por primera vez a 2 fenómenos destructores en un período de 20 a 24 años, después de 6 períodos con solo 1 fenómeno, iniciando en el año 1893 con el huracán 2), aumentos de temperatura de hasta 12 grados centígrados sobre el valor esperado normal en una región y en una época, más incidencia y con más diversidad de plagas y enfermedades de los cultivos, temperaturas que afectan la fisiología natural de los cultivos, mayor cantidad y con mayores intensidades de las inundaciones, vientos huracanados, y otros.

II. JUSTIFICACION

La planta de café o cafeto, es un arbusto perenne, con tronco recto ortotrópico y ramificación plagiotrópica, que llega a crecer libremente hasta una altura estándar de 4 a 6 metros (especie arábica) y hasta de 8 a 12 metros (especie canephora). Para su manejo agronómico, se le poda hasta una altura de 2 a 3 metros (Illy y Viani, 2005; IHCAFE, 2021, Manual). Su duración muy bien puede sobrepasar el centenar de años, pero su productividad bajo umbrales económicos rentables sólo permite su uso por unos 21 años en tres períodos de recepa (Colombia) o en promedio hasta 25 años (Honduras) (IHCAFE, 2021, Manual).

El cafeto es una especie vegetal muy susceptible a los cambios climatológicos que suceden en el ambiente natural, tanto en temperatura como en precipitación pluvial. Por la fisiología intrínseca del cafeto, su rendimiento en fruto tiene un comportamiento en fluctuación bienal. La planta responde al fotoperíodo, a las estaciones lluviosas y períodos cortos de disminución de lluvias, al frío y al calor. La floración y la fructificación, el llenado de los granos, floraciones y fructificaciones repetidas dentro del año, y el crecimiento ortotrópico y plagiotrópico de la planta, son afectados por las condiciones ambientales. Excesos de lluvia, frío y de calor conducen a desórdenes fisiológicos que disminuyen los rendimientos (Jaramillo y Valencia, 1980; Illy y Viani, 2005).

Dependiendo de la evapotranspiración local, el cafeto requiere un mínimo de 1200 a 1500 mm de lluvia al año, con no más de 3 meses de menos de 70 mm de lluvia, para lograr un buen crecimiento y una buena producción (Illy y Viani, 2005). El entorno ambiental muy especial que exige la planta de cafeto para su crecimiento y su rendimiento en fruto, así como para el resultado final en calidad del producto, limita la posibilidad de producción de café a ciertas zonas agrícolas del mundo. El avance del cambio climático aumenta esta restricción geográfica, y el pronóstico científico es que el aumento de las temperaturas ambientales reducirá paulatinamente las zonas agrícolas aptas para el cultivo del cafeto.

El calentamiento global del planeta está rápidamente modificando las características del clima en el que se realiza la producción agrícola. En Honduras, las temperaturas se han incrementado tanto que se transforman drásticamente los patrones de cultivos en los valles interiores y en las mesetas. En la planicie costera del sur, en la zona del Golfo de Fonseca, las temperaturas superiores a los 35 grados centígrados provocan pérdidas de rendimiento en el maíz (*Zea mays* L.) hasta de un 75%. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) no resiste dos o tres días con altos grados de calor. La producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) está disminuyendo debido al ataque intenso de la paratrypana (*Bactericera cockerelli* Sulc.). La producción de fresa (*Fragaria chiloense*) ha desaparecido de varias regiones a causa de ataques de Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*) en el suelo (Koike y Bolda, 2013; Casaca, 2005). El tomate (*Solanum lycopersicum* o *Lycopersicon esculentum* Mill) florece con altas temperaturas, pero aborta todas las flores. El ayote (*Cucurbita pepo* L. var. *pepo*) con ambiente de mucho calor sólo produce flores masculinas. El café (*Coffea arabica* L.) ahora tiene graves problemas por los ataques de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) (Somarriba, 2021), de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari), las sequías y los períodos prolongados de lluvias intensas.

Los efectos del cambio climático en el cultivo del café tienen carácter inmediato y efectos de largo plazo. Los resultados inmediatos son cambios en el comportamiento de las plagas y enfermedades, y fenómenos climáticos como excesos de precipitación pluvial y sequías, vientos huracanados, olas de calor y heladas. A largo plazo, los pisos altitudinales con buena aptitud para el cultivo del café ya se están reduciendo en su extensión (Hernández, 2022). Las áreas óptimas para el café en la mayoría de los países productores van disminuyendo; el efecto es más pronunciado en aquellos territorios que no tienen alturas muy elevadas, de más de 1400 msnm. En conjunto, a nivel mundial, las áreas de producción del café serán mucho menores dentro de 30 años. La producción y el consumo de café caerán en un estado muy selectivo en el futuro.

En países como Israel, Estados Unidos de América, Islandia, Canadá, Bélgica, Rusia, se modifican las condiciones del entorno natural en el que normalmente crecen los cultivos de ciclo corto, como tomate, pepino, lechuga, fresa, marihuana, para producirlos en condiciones totalmente controladas. En estas condiciones, los agricultores crean un ambiente controlado distinto del ambiente externo, en el cual el cultivo no sería posible. Este tipo de agricultura es nominada como “agricultura protegida” (McCartney y Lefsrud, 2018).

Los elementos de la producción agrícola que la agricultura protegida modifica o controla incluyen, el suelo o el sustrato de crecimiento, el agua, el aire, el dióxido de carbono, el oxígeno, la humedad relativa del aire, los nutrientes que se les dan a las plantas, el soporte físico de la planta, el drenaje, la temperatura, la iluminación irradiada en forma natural o artificial, la longitud de onda de las radiaciones lumínicas, el viento, la presencia de plagas y enfermedades.

La extensión total muy limitada del territorio y la superficie desértica que constituye alrededor del 60% del total en Israel, unos 12 mil kilómetros cuadrados, sumados al volumen de la población y su aumento paulatino, hacen cada vez más exigente el paso a una agricultura caracterizada por mayor ambición y diversidad, con mejores recursos científicos y tecnológicos. La agricultura controlada moderna debe avanzar un paso más, hacia la agricultura protegida aplicada a las plantas leñosas arbustivas, como el café, que utilice el 100 por ciento de los factores, en todas las condiciones favorables y desfavorables, para asegurar una oferta agrícola amplia, sostenible y diversa.

Israel tiene programas de cooperación tecnológica y científica con muchos países. Con la India la cooperación es muy extensa (MASHAV, s. f.). En Rwanda ambas naciones sostienen un programa de entrenamiento profesional (MINAGRI, 2022). Con los Emiratos Árabes Unidos, el sector privado de Israel ha firmado un acuerdo de cooperación en tecnología agrícola (IsraelAgri, 2022). En Nigeria, así como en otros países, entidades israelíes de cooperación tienen en funcionamiento Centros de Excelencia en Horticultura. Con Etiopía, Israel le da sostenimiento a un programa de giras de innovación tecnológica agrícola. Productores de olivo y aceite de oliva de Israel, Palestina y Jordania, comparten experiencias tecnológicas con expertos israelíes (vipartnerships.org, 2020).

En Honduras existe una rica experiencia en el cultivo de café de altura, orientado a la producción de cafés especiales. Esta es una estrategia utilizada por los agricultores para lograr un buen nivel de resiliencia frente al cambio climático. En el piso altitudinal desde los 1200 msnm hasta los 1600 msnm, se está verificando la obtención de buenos resultados de calidad en el café, con alto reconocimiento internacional de parte de los consumidores (IHCAFE, 2021, Manual).

El enfoque de este proyecto consiste en sumar las ventajas de la producción hondureña de cafés especiales al dominio tecnológico y científico avanzado en la agricultura israelí, para generar una más potente tecnología de producción en Honduras y crear una experiencia óptima en Israel en la producción de cafés especiales aplicando una agricultura de control total de los factores. Esto será impulsado mediante la cooperación de la Universidad Cristiana Evangélica Nuevo Milenio, de Honduras, la Universidad de Haifa y la Universidad Hebrea de Jerusalén, de Israel, quienes dirigirán el proceso, y actuarán junto con los agricultores en ambos países y otros actores cooperantes.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 La producción actual del café

El cultivo del café es la fuente de ingreso económico más importante para millones de agricultores pobres en todo el mundo. En México son más de 300 mil familias productoras, siendo más de 200 mil productores indígenas (Figuroa et al., s.f.). En Honduras, se dedican al cultivo en pequeñas parcelas menores a 2 Ha., más de 120 mil pequeños agricultores (IHCAFE, 2021, Informe). En Colombia, son más de 546 mil cafeteros afiliados a la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (www.portafolio.co, 2021). En Vietnam, son muchas las estadísticas de producción, pero muy escasas o nulas las estadísticas sobre los productores o las fincas. Se reportan 250 mil fincas, con un total estimado de 2.6 millones de personas vinculadas a la economía del rubro; otras fuentes señalan hasta 2.7 millones de agricultores dedicados al cultivo de café (www.caffeboccadellaverita.com, 2022). En la India, se estiman unos 250 mil productores (www.eraofwe.com, 2021). En Brasil, unos 300 mil productores (Macchione y Nakazone, 2019). En toda África, 11.7 millones de caficultores, año 2010; en Asia y Oceanía, 4.0 millones, año 2010 (ICO, 2015). La misma fuente expresa que, en todo el mundo, son más de 17.7 millones de pequeños productores de café, año 2010. El cultivo se ha extendido tanto en América Latina y en la región sur de Asia, que se sufre ahora una sobre oferta del producto, lo que tiene un impacto negativo por los bajos precios que caracterizan en este período al mercado internacional del café (Hernández, 2021).

Si bien la agricultura del café beneficia directamente a más de 20 millones de productores, también se extiende el beneficio económico a numerosos trabajadores rurales que se encargan de las labores agrícolas, en especial de la cosecha manual de los granos, y que participan en el procesamiento post cosecha, despulpado, secado, almacenamiento, transporte, tostado, molido y empaquetado del producto, y servicio al consumidor. En las principales ciudades del mundo, las cafeterías que sirven el producto preparado a los consumidores urbanos engloban un volumen muy significativo de trabajadores.

En la agricultura del café se presenta un fenómeno que afecta mucho la rentabilidad del cultivo. Cuando los precios se mantienen muy altos por un período de varias cosechas, los agricultores se incentivan a sembrar más áreas del cultivo de café, y nuevos agricultores se incorporan al rubro. Esto aumenta en demasía la oferta del producto, conduciendo a una disminución sostenida de los precios internacionales. Los bajos precios conducen al resultado inverso: muchos cafetaleros abandonan el rubro y sustituyen los cafetales por otros cultivos (Hernández, 2021).

La demanda del café se caracteriza como de carácter inelástico; no aumenta ni disminuye significativamente por efecto de una disminución o incremento de los precios.

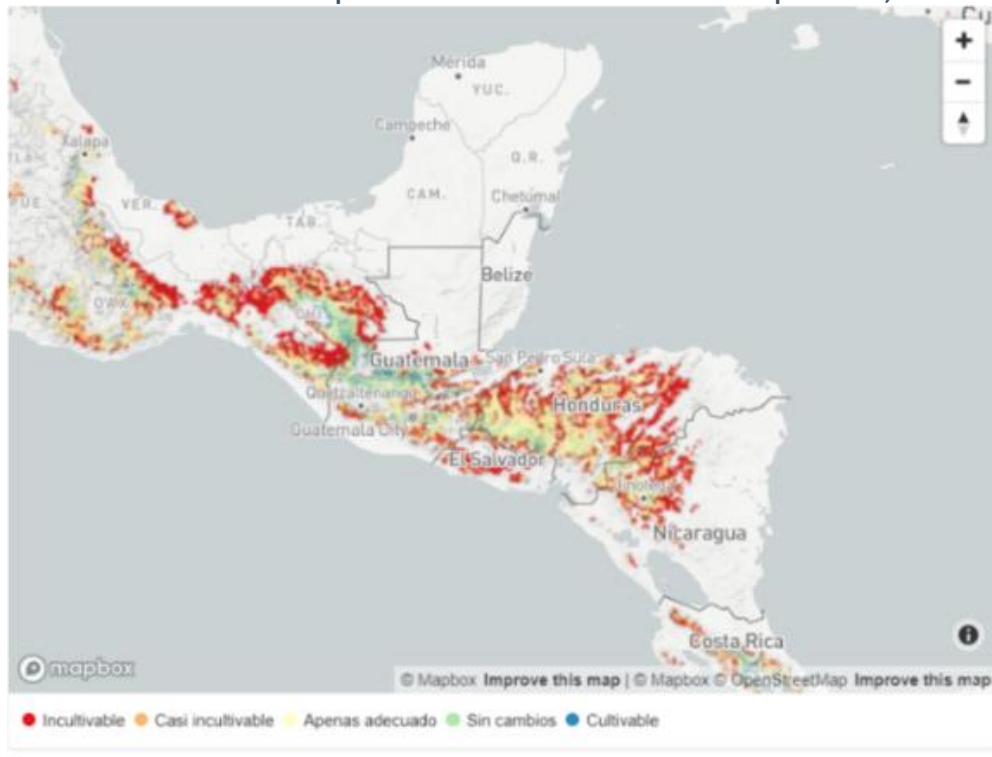
Una estrategia común reciente en todos los países productores es mejorar los ingresos de los caficultores mediante el cultivo de cafés especiales y orgánicos. La región centroamericana es una de las líderes en esta nueva aproximación al cultivo de café. De acuerdo con la National Coffee Drinking Trends 2002, el número de consumidores diarios del segmento de cafés especiales aumentó de 7 millones en 1997 a 27 millones en el 2002 en los Estados Unidos. O sea que cerca del 14% de los norteamericanos son consumidores diarios -año 2002- de este segmento. Los expertos reconocen que el mercado de cafés especiales es el de mayor crecimiento en el mundo (Macchione y Nakazone, 2019).

Honduras tiene una posición privilegiada en cuanto a zonas ecológicas aptas para el cultivo de variedades de café especial, a una altitud que varía desde los 1200 msnm hasta los 1800 msnm; y la zona óptima en Honduras, en el período climático actual, es entre los 1400 msnm y los 1600 msnm, con una pluviosidad entre 1200 y 2000 mm al año, y con una temperatura promedio anual entre 18 y 22 °C (IHCAFE, 2021, Manual).

Las estadísticas del rubro café demuestran que la tendencia histórica es a aumentar las áreas dedicadas al cultivo, a mejorar la productividad, y a que nuevas regiones y nuevos países se incorporen a esta agroindustria (ICO, www.ico.org, 2022). Sin embargo, con el rápido avance del calentamiento global del planeta, las zonas más bajas en altitud empiezan a dejar de producir en forma rentable. Y en términos generales, la primera zona más afectada es el continente africano, en donde ha ocurrido una disminución considerable en la superficie agrícola dedicada a la producción de café a pesar del incremento en el número de productores (ICO, www.ico.org, 2015).

En los últimos años, Brasil ha mantenido una frecuencia más alta de heladas y sequías, generada por el aceleramiento del cambio climático y por la deforestación de la cuenca del río Amazonas, lo que ha permitido un precio internacional más alto para las exportaciones de café. A largo plazo, también Brasil será víctima de la reducción en las regiones aptas para el cultivo del café. Lo mismo está ocurriendo en Colombia, Perú, Centroamérica, México y otras regiones cafetaleras del mundo (Ilustración 4, pronóstico del CIAT sobre cambios en el cultivo de café para el año 2050; Hernández, 2022).

Ilustración 4 Cambios esperados en las áreas del cultivo de café para 2050, CIAT



Fuente: CIAT, International Center for Tropical Agriculture.

3.2 El café especial en Honduras

Honduras ha estado incrementando rápidamente la superficie dedicada al cultivo de café. Se han incorporado nuevas tierras, la mayoría ubicadas en los pisos altitudinales arriba de los 1200 msnm. En estas tierras se produce lo que se conoce como “café de altura”. Una parte de este café se comercializa internacionalmente como “café especial”.

El potencial agroecológico hondureño en sus zonas aptas para el cultivo de café especial se mantendrá elevado por varias décadas, proporcionando a la economía rural la posibilidad de generar recursos familiares valiosos que consoliden un buen vivir para millones de hondureños.

Sin embargo, el avance del calentamiento global del planeta es una amenaza importante para la productividad de este rubro. Los caficultores en las zonas de altura requieren del apoyo en la generación de nuevas tecnologías que les permitan contrarrestar los efectos de calentamiento en general, de olas de calor intensas, de granizadas, de olas de frío intensas, de sequías prolongadas, de nuevas plagas y enfermedades en los cultivos, de desprendimientos de tierra, de excesos de lluvias que generen erosión e inundaciones, y de pérdidas de productividad en las variedades de café.

La producción de café especial tiene exigencias técnicas rigurosas en el procesamiento post cosecha, incluido todo el procedimiento previo desde la recolección del grano y el cumplimiento de los estándares de calidad en el manejo del cultivo, para garantizar una calidad óptima en el

producto final. La caficultura de cafés especiales en Honduras afronta retos significativos para mejorar la calidad y ubicarse de manera generalizada en un alto nivel de reconocimiento internacional.

En Honduras se cultiva actualmente las variedades Típica, Bourbon rojo, Bourbon amarillo, Bourbon rosado, Catuaí rojo, Catuaí amarillo, IHCAFE-90, Lempira, Parainema, Pacamara, Pacas, Geisha, Caturra, Catimor, y otras, en las denominadas “zonas de altura”, con el propósito de obtener la calidad de café especial (IHCAFE, 2021, Manual). Varios proyectos de desarrollo agrícola han incluido avances en tecnología aplicada a pequeños lotes de café especial con agricultores seleccionados, tales como el proyecto Mejoramiento Agrícola Sostenible (MAS) (ANED, 2017), los programas de desarrollo de la caficultura del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE) y otros proyectos de organismos de cooperación.

3.3 El potencial del cultivo de café en Israel

La mejor referencia científica sobre el potencial del cultivo de café en Israel proviene del extenso trabajo del Dr. Israel Gindel en la década de los años 1950, en la Estación Agrícola de Rehovot. El propósito del Dr. Gindel consistía en lograr la domesticación de la especie *Coffea arabica* a las condiciones de crecimiento en el ambiente semiárido de Israel. Su trabajo se basaba en la teoría de la fitoplasticidad, la cual ahora es conocida con la expresión: “plasticidad fenotípica” (Sylvain, 1967). El experimento del Dr. Gindel duró 11 años, utilizando un grupo de 3000 plantas de café, incluyendo la línea varietal “Golda” que fue seleccionada por Gindel, y que ahora es cultivada por la empresa Coffee-Tech en la región Coastal Plain, en un esfuerzo por continuar los experimentos hasta hacer realidad el sueño del Dr. Gindel (Daily, 2022; Gindel, 1962).

El Dr. Gindel se esforzó por modificar “la apariencia fenológica, la estructura morfológica y los procesos fisiológicos” de un conjunto de variedades de Guatemala, Kenia, y otros países, en un proceso de aclimatación a un ambiente semiárido que les confiriera propiedades xeromórficas.

Los tres procesos simultáneos que aplicó incluyeron la “aplicación de control agrotécnico para completar el proceso de adaptación”. Este último recurso es el que más se ha desarrollado en estos 70 años transcurridos desde el inicio del valioso experimento de Gindel, generando la ahora conocida “agricultura protegida”. Gracias a esta forma de agricultura, se produce pepino, por ejemplo, los 365 días del año en el gélido ambiente de Canadá.

Para lograr el éxito que tanto merecía el esfuerzo científico del Dr. Gindel, debemos invertir las fases de aclimatación. Primero el control agrotécnico mediante la agricultura protegida, y después los procesos de plasticidad fenotípica que naturalmente se presentarán bajo las nuevas condiciones de la caficultura protegida en Israel. Bajo este nuevo enfoque, es ciertamente seguro que sí se podrá producir con rentabilidad el cultivo de cafés especiales en Israel. Los valores para realizar el control agrotécnico se obtendrán de las condiciones naturales de crecimiento de las variedades seleccionadas de café especial que se dan en las zonas altas de Honduras.

3.4 Las características de la producción de café especial

Un lote de grano de café verde se puede considerar como café especial desde distintos enfoques. El origen geográfico es ya tradicional en la denominación de los más antiguos tipos de café especial; además de la zona de producción, el origen puede indicar de manera más específica a la finca o al agricultor o agricultora que ha producido el café (Hernández, 2021).

También el café especial puede estar relacionado con el proceso que ha llevado el manejo de los cafetos y sus granos; así, el café puede ser orgánico, lavado, suave, natural, honey. El café lavado es más comercializado y considerado como de mejor calidad. El café suave es un grano de café verde con hasta 1.5% de cafeína; su sabor es suave, el beneficiado húmedo debe ser impecable, la fermentación acentúa las características cualitativas y evita los olores y sabores anómalos, los granos deben tener una excelente presentación, libres de daños físicos y daños por plagas, enfermedades, secado o manejo; la bebida debe tener buen cuerpo (completo o pesado, medio o mediano, ligero o liviano), aroma o fragancia (a flores, a frutas, a cítricos, a chocolate, a caramelo, fuerte, grato, exquisito), acidez (brillante, agrio, ácido, no ácido), dulzura (dulce, neutro o insípido), coloración del grano (crema, amarillo, anaranjado, rojo), sabor remanente (duración del sabor y aroma después de ingerida la bebida, corto de duración, insatisfactorio), balance (valoración del grado de integración del aroma, sabor remanente, acidez y cuerpo, en una combinación sinérgica de atributos de calidad), uniformidad de la bebida, limpieza de la bebida y sabores naturales (amargo, ácido, dulce, a madera, terroso, metálico); como síntesis de estos valores, la calidad de la taza debe ser excelente (Illy y Viani, 2005; www.mexicodesconocido.com.mx, 2022; Specialty Coffee Association of America, 2018).

Todos los cafés especiales deben cumplir las normas de las Asociaciones de Cafés Especiales de los países consumidores. Estas normas establecen los tipos de defectos que pueden ocurrir dentro de un lote de grano verde, y su nivel o grado de permisividad por cada muestra de 350 gramos. Los defectos pueden ser completos o simples, es decir, totales o parciales. Las imperfecciones en los granos verdes aparecen descritas en el Manual de Defectos de las Asociaciones. Un defecto total puede ser de categoría 1 (primario) o de categoría 2 (secundario). Una muestra de un lote de café especial deberá tener 0 defectos de categoría 1 y no más de 5 defectos de categoría 2. Un defecto total podrá tener equivalencia a uno o más defectos simples, según estos últimos afecten la calidad de la taza (Specialty Coffee Association of America, 2018).

La Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA) reconoce únicamente dos gradaciones de café verde: el café especial y el café premium. Los demás grados serán referidos como “no clasificados por SCA GACCS”. En este estudio nos limitaremos al grado “café especial”.

La maduración del lote de café procesado debe ser uniforme. No se permite mezcla de granos de distinto grado de maduración. No se recomienda la mezcla de granos de distintas variedades ni de diferentes ambientes, manejos, lotes, etc. El fruto verde y el fruto sobre maduro reducen y dañan la calidad del sabor en taza del café con grado de maduración correcto; la mezcla de estos frutos anula la denominación del café especial y lo convierte en café de calidad media o baja. Los granos inmaduros muestran una coloración rosada clara muy distintiva bajo la luz ultravioleta. El grano de café en su presentación de pergamino seco no debe tener rayaduras ni debe estar roto el pergamino y mucho menos quebrado y dañado el grano. El grano no debe estar perforado por la

broca del café. El grano no debe presentar daños por hongos, bacterias y otras enfermedades, así como no debe tener daños fisiológicos ni fenológicos. Es recomendable que el grano verde tenga una coloración normal o natural, y no presente matices anaranjados ni rojizos.

El secado del grano de café y su fermentación previa deben preservar la calidad del producto, evitando los valores extremos de fermentación y temperatura. El grano se debe secar a no más de 40 °C, tiene que estar libre de impurezas y materiales extraños, la humedad del grano debe estar entre 11 y 13 por ciento (11.5% óptimo), garantizando la inocuidad y la no presencia de hongos que generan la ocratoxina A (OTA), como *Aspergillus ochraceus*, *A. carbonarius*, *A. wentii* y *Penicillium verrucosum* (EMBRAPA, 2004). En café de altura, el mayor riesgo es la formación del hongo *Penicillium verrucosum* (Carrillo, 2003). El café de altura es considerado como sinónimo de café especial. Café de altura designa al grano de café verde que proviene de zonas de mayor altitud sobre el nivel del mar en los países productores. Los rangos de altitud varían de acuerdo a la latitud o distancia al ecuador terrestre y según las acumulaciones de calor provocadas por el calentamiento global del planeta. Cerca del ecuador, en Colombia, la altura óptima para el cultivo del cafeto se acerca a los 2000 msnm. También se aproxima a ese valor en México, debido a la influencia de la acumulación calorífica en el Golfo de México. En Centroamérica, el valor más apropiado llega hasta los 1600 msnm (IHCAFE, 2021, Manual). La altitud resume las características agroclimáticas favorables para la constitución de un grano de calidad óptima. Otros caracteres complementarios son el cultivo bajo sombra, la ausencia de sustancias químicas contaminantes o de alta toxicidad, como pesticidas, herbicidas y otros.

3.5 Las variedades recomendadas para el café especial

Las variedades tradicionales más conocidas son la variedad Típica y la variedad Bourbon. A la variedad Típica en Honduras se le conoce popularmente como la variedad “Indio”. Otras variedades conocidas en Centro América son: Caturra, Catuaí, Pacas, Cuscatleco, Tico, Villa Sarchi, IHCAFE-90, Lempira, Geisha, Parainema, Pacamara, Bourbon rosado, Catimor, y otras (Hernández, 2021).

Algunas variedades se identifican más con la producción del café especial, principalmente por su calidad de taza. Las más reconocidas son la Típica, Bourbon, Bourbon rosado, Caturra, Catimor, Geisha, Catuaí. El Catimor es un híbrido natural de amplia adaptabilidad, muy vigoroso, resistente a la roya y a la broca del café, resistente al frío, muy productivo, y con una excelente calidad de taza. El programa de microlotes de café especial del IHCAFE se basa en variedades como el Caturra y el Catuaí (IHCAFE, 2021, Manual).

3.6 El énfasis en los requerimientos técnicos principales

A finales de la década de los años 1990, se inició una crisis en el mercado mundial del café, provocada por un incremento sostenido de un 10% de la oferta del grano con respecto a la demanda y consumo de café. Como consecuencia de esta crisis, los precios del grano de café en el mercado internacional sufrieron una caída drástica y desde entonces se mantiene una variación de precios alrededor de un valor mínimo que no alcanza a cubrir los costos de producción de la mayoría de los pequeños productores en el mundo. Adicionalmente, el Acuerdo Internacional del Café dejó de funcionar y éste era un mecanismo internacional para la regulación de los precios y la oferta.

La crisis se agravó por la entrada al mercado de países que produjeron enormes volúmenes de café robusta, con un alto contenido de cafeína en el grano (2.5%). Este alto contenido de cafeína alteró la calidad de las mezclas de café soluble, café molido y bebida de café servida en forma directa a los consumidores, provocando además una reestructuración del mercado de consumo, que condujo a una reducción en algunos países del consumo per cápita de café (Macchione y Nakazone, 2019).

La situación económica del café ha obligado a cambios estratégicos en la producción. Nuevos retos tecnológicos han surgido. En este proyecto se deberán abordar los retos principales.

3.6.1 Mejoramiento varietal

Desde 1991, los países de América Central y del Caribe, unidos en la red de investigación PROMECAFE, en cooperación con el CIRAD, el IRD, el Ministerio francés de Relaciones Exteriores y el CATIE, ejecutaron un proyecto de creación de variedades mejoradas de café (Charmetant, s. f.; Virginio y Domian, 2021; Mesén y Jiménez, 2016).

Se ha puesto énfasis en la creación de variedades híbridas, cruzando las mejores variedades de café especial (Borbón, Típica, Caturra, Catuaí) con variedades silvestres de Etiopía, también seleccionadas por su excelente calidad en taza (Virginio y Domian, 2021; Mesén y Jiménez, 2016).

Desde 1999, varios clones seleccionados dentro del grupo de familias híbridas varietales se han estado probando en fincas de agricultores de Centroamérica, incluyendo Honduras. La multiplicación de las plantas híbridas se ha realizado utilizando la embriogénesis somática (I Suliansyah, et al., 2021). Los híbridos obtenidos producen más que las variedades tradicionales, requieren menos insumos, soportan una sombra densa aumentando la durabilidad ecológica de la plantación, reducen los costos de producción, tienen resistencia a enfermedades y plagas, y se adaptan mejor a condiciones difíciles de cultivo (Mesén y Jiménez, 2016). En Honduras, los híbridos F1 de mejor comportamiento son Centroamericano y Casiopea (IHCAFE, 2021, Manual).

La embriogénesis somática en sus dos modalidades, la directa y la indirecta, presenta algunos inconvenientes. En la práctica, debe asumirse al menos un período de dos años para alcanzar la formación de plantas listas para sembrar en el campo de cultivo. El alto número de descendientes a partir de muestras muy pequeñas de tejido vivo aumenta la probabilidad de cambios fenológicos y genéticos en la descendencia; a estos cambios se les denomina “variación somaclonal”. La disponibilidad de esta tecnología para su uso en fincas es extremadamente limitada por razones de costo y dominio científico y tecnológico de las operaciones. Los programas institucionales públicos y comerciales no logran poner al alcance de los agricultores las cantidades requeridas de plantas (más de 10 millones de plantas F1 anuales en Centroamérica), listas para su siembra definitiva en finca (Bobadilla, 2013; Mesén y Jiménez, 2016).

De ahí que se requiere un esfuerzo adicional, en investigación científica aplicada, para generar procedimientos de propagación de híbridos cafetales más expeditos, con mayor confiabilidad en la clonación de la descendencia, con mejor rendimiento en la disponibilidad de plantas híbridas para la siembra por los productores, y que reduzca el tiempo necesario para la puesta en campo de

una nueva variedad híbrida. El principal obstáculo para esta forma de propagación rápida consiste en la topofisis presente en la morfología de las ramas en la especie arábica (Hartmann et al., 2014).

La introducción de métodos biotecnológicos, como la clonación de plantas por esquejes, en los programas de mejora genética del café puede ser útil y favorecer el desarrollo de nuevos cultivares en un período de tiempo corto, ya que permite la selección y multiplicación de plantas en cualquier fase de un programa de mejora (Rezende, 2016). Las técnicas más recomendadas son las de microestacas y miniestacas.

La reproducción vegetativa de plantas híbridas de *Coffea arabica* L. permite producir plántulas de alta calidad, iguales o superiores a las plántulas producidas a partir de semillas, en gran escala y con notable rapidez. También es posible aplicar esta técnica a la reproducción de genotipos élite aún en etapa de segregación. (Rezende, 2016; Bobadilla, 2013).

Los métodos tradicionales de mejoramiento varietal a partir de hibridación en *C. arabica*, han comprendido un período de cruce, reproducción de progenies y selección, que cubre desde unos 20 hasta unos 30 años para producir una variedad híbrida. Varios programas internacionales de cooperación técnica han propuesto reducir ese período a unos 15 años (Schilling, 2013). El proyecto de esta cooperación científica puede estudiar nuevos procedimientos que reduzcan el período a unos 8 años. Los nuevos procedimientos vendrán a complementar el trabajo de propagación vegetativa acelerada mediante embriogénesis somática directa e indirecta.

Los últimos trabajos de mejoramiento genético del café arábica en Centroamérica han confirmado las condiciones ambientales óptimas de la región centroamericana para producir café de alta calidad, y los cruces genéticos de café en la zona han logrado grandes avances en productividad y resistencia a las enfermedades (Rezende, 2016; Schilling, 2013).

Otra limitación sería que se debe superar en el caso de Honduras, es su reducida capacidad de generación de genotipos de alta calidad, pues desde el año 1990 sólo se han liberado tres variedades superiores, IHCAFE-90, Lempira y Parainema; las primeras dos variedades basadas en selecciones dentro del cruce entre Caturra con el Híbrido de Timor 832/1; la Parainema, resultado del cruce entre una planta de la variedad Villa Sarchi 971/10 y el Híbrido de Timor CIFC 832/2 (IHCAFE, 2021, Manual). La variedad Catimor es el resultado de selecciones de cruces entre Caturra/Catuaí x Híbrido de Timor (Illy y Viani, 2005). Este genotipo ha demostrado en Colombia y Honduras, una amplia adaptabilidad y resistencia, que le permite a los productores usarlo en distintas regiones y altitudes.

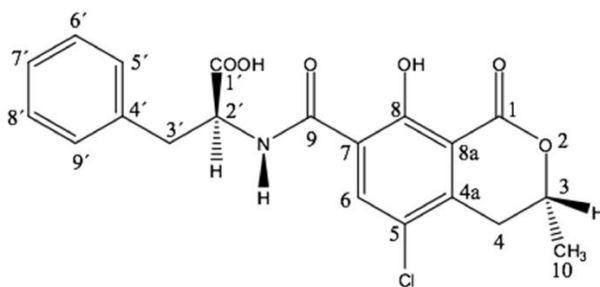
3.6.2 Medición de humedad y secado

Tradicionalmente el café que sale del proceso de fermentación, en el cual se trata de separar todo el mucílago posible que ha quedado en la superficie del grano después del despulpado, es sometido a una rápida fase de oreado en condiciones naturales, y finalmente a una fase de secado. La finalidad del secado es reducir el contenido de humedad que puede iniciar cerca de un 50% después de la fermentación hasta un valor en el rango de 10% a 13% de humedad, siendo el valor óptimo un 11.5% de humedad.

Para la inmensa mayoría de los pequeños caficultores, la medición correcta de este contenido de humedad, desde el inicio de la fase de secado, es toda una dificultad. La disponibilidad en el mercado local y nacional de los aparatos modernos de medición de humedad es casi inexistente. Y el costo de un aparato medidor de humedad es demasiado elevado para los exiguos recursos económicos del pequeño productor.

Es así que el productor pequeño de café recurre a un método subjetivo sensorial, comprobando entre sus manos, en una rutina por frotación y apreciación del sonido de fricción, el grado de secado que estima en el grano. Los resultados difieren mucho del 11.5% deseado. Dos graves inconvenientes ocurren en esta situación. Si el grano baja hasta el 10% de humedad o menos, la calidad de la bebida que se prepara con ese grano se reduce drásticamente y deja de ser café especial. Y si la humedad supera el 13%, el grano almacenado puede contaminarse con los hongos que producen la ocratoxina A (OTA), que es una sustancia tóxica para los riñones, para el hígado, para los embriones, para el sistema nervioso, para el sistema inmunológico, potencialmente cancerígena para humanos y generadora de adenomas en pruebas de laboratorio con animales (Malir, et al., 2016) (Ilustración 5).

Ilustración 5 Fórmula estructural de la ocratoxina A



Fuente: Malir, et al., 2016

Los métodos de secado tradicionales usando patios de concreto o patios cubiertos de plástico no son completamente apropiados para el manejo de los cafés especiales. Hay numerosas variantes dentro de estos métodos tradicionales, y todas carecen de las garantías de seguridad para la higiene y la inocuidad del producto final.

El proyecto deberá incursionar en el mejoramiento de los métodos que usan los túneles altos, que siempre utilizan la energía solar como fuente de secado, y además protegen los granos de la lluvia y de los agentes contaminantes. Se tendrá que poner énfasis en el control y manejo de la temperatura del ambiente interior. La adaptación tecnológica será guiada por la relación costo/beneficio y por el nivel de disponibilidad financiera de los agricultores.

3.6.3 Agricultura protegida en ambiente semiárido

El territorio de Israel, hasta cierto punto, tiene algunas semejanzas climáticas con el territorio de Honduras. Ambos están en el cinturón de calentamiento climático del planeta. Tienen dos climas costeros; poseen elevaciones montañosas bajas y un poco de territorio montañoso alto y muy frío. En general, ambos territorios están dominados por zonas cálidas y secas, con mucha luminosidad solar. La diferencia principal es que Israel tiene mucha más área desértica que Honduras.

La mejor respuesta a territorios con tantas variaciones climáticas es la agricultura protegida. Esta forma de agricultura se define como “la modificación de un entorno (natural) con la finalidad de conseguir mejores condiciones para el crecimiento de las plantas” (McCartney y Lefsrud, 2018). Los niveles de inversión financiera y esfuerzos tecnológicos son superiores a la producción de campo natural, y son compensados por una superior productividad y rentabilidad. Una importantísima compensación adicional es que la agricultura protegida permite y garantiza una exitosa producción agrícola en ambientes que naturalmente no permiten la agricultura en las condiciones comunes de los cultivos.

Las zonas cálidas y secas, con cortos períodos de temperaturas muy bajas, suponen un alto desafío para los cultivos en términos de temperatura y humedad relativa. En general, los retos tecnológicos y financieros son muy variados e implican el control de la elevada radiación solar (Gindel, 1962), la evacuación del calor y la protección con respecto al frío, evadir la susceptibilidad de los cultivos a los ataques de plagas y enfermedades, en el período requerido se debe modular la duración de la radiación diurna asistiendo a las plantas con iluminación artificial, hay que mantener la eficiencia energética garantizando el control y manejo del calor y del frío, la provisión oportuna del volumen de agua en la forma de irrigación requerida, el aporte de nutrientes en los sustratos de crecimiento o en el sistema de riego y en aplicaciones foliares, el control de la calidad del aire, y otros.

Los diseños de invernaderos como estructura de alto costo para la agricultura protegida han evolucionado hacia formas más accesibles para los pequeños agricultores. Y los modelos están ahora mucho más adaptados a las condiciones locales, alejándose de un clásico modelo de clima templado. El esfuerzo tecnológico está marcado por la búsqueda de nuevas soluciones innovadoras y por el logro de la optimización en el uso de los recursos. Un aporte incipiente es el uso de la agricultura protegida para cultivos de plantas leñosas arbustivas, como es el caso del cafeto, en zonas climáticas restringidas por la ocurrencia de extremos de temperatura y deficiencia hídrica natural casi absoluta.

Se considera un clima local como un clima tropical cuando la temperatura mínima absoluta anual no sobrepasa los 18 °C, con un diferencial diurno de temperatura de alrededor de los 12 °C, una radiación solar intensa, con fuertes precipitaciones pluviales y, en consecuencia, con altos niveles de humedad relativa en el aire (McCartney y Lefsrud, 2018). En la región centroamericana, en las zonas montañosas altas, el clima local se aproxima más a los requerimientos climáticos naturales de la planta de café arábica. Y en las partes más frías, el clima local es muy favorable para la producción de café especial. En Israel, por otro lado, los extremos de temperatura y precipitación son mucho más pronunciados; en algunos años, la temperatura disminuye hasta 0 °C o menos, con caída de nevadas ligeras y hasta intensas; las lluvias no llegan a ser demasiado fuertes y lo característico es una pluviosidad leve a moderada, insuficiente para los requerimientos del cultivo de café (Gindel, 1962).

“En ambientes tropicales muy cálidos y secos, las condiciones pueden parecerse a las de un clima árido, y la agricultura protegida se utiliza para limitar la evapotranspiración de las plantas y reducir el estrés hídrico de las mismas” (McCartney y Lefsrud, 2018). Los suelos de las zonas áridas y semiáridas se pueden sustituir o mejorar con sustratos de crecimiento preparados a base de cascarilla de arroz compostada o polvo de coco compostado, humus de lombriz, humus líquido, compost, harina de rocas, bagazo de caña y otros materiales similares.

La refrigeración evaporativa, la protección frente a los vientos fuertes y huracanados, la refrigeración pasiva y activa, la calefacción pasiva y activa, el uso de radiación calorífica conductiva, convectiva y por microondas, el uso de energía solar pasiva y activa, la generación de electricidad por métodos alternativos, la generación de energía calorífica mediante composteras, la conservación estacional de calor, la conservación subterránea de energía calorífica natural radiante, la técnica avanzada de uso de materiales para el almacenamiento de energía calorífica intensa, la geotermia, las baterías climáticas, el uso de paneles radiantes, la conservación de frío en depósitos, el sombreado, las capas múltiples de protección aislante en

invernaderos, la generación de calor por combustión, la captura de calor, la captura de humedad en el aire, las estufas radiantes, la malla aluminizada reflectante, la recuperación de agua subterránea y muchas otras técnicas, son recursos disponibles para controlar humedad, frío y temperatura en los ambientes de la agricultura protegida (McCartney y Lefsrud, 2018; Brodie et al., 2014).

El uso de la agricultura protegida en el ambiente semiárido para el cultivo del café especial en Israel será una fase experimental acelerada con fundamento en los parámetros agroecológicos obtenidos mediante observaciones rigurosas en varias fincas seleccionadas en el ambiente hondureño de café especial. El personal científico en Israel hará las adaptaciones locales que considere necesarias.

Las variables climáticas y fenológicas del cultivo que se deberán registrar son: temperatura mínima diaria, temperatura promedio diaria, temperatura máxima diaria, humedad relativa del aire, velocidad del viento, curva de precipitación pluvial diaria, altura sobre el nivel del mar, períodos extensos de calor y de frío, altura de las plantas en relación a la edad en meses, profundidad de la raíz principal, extensión de las raíces secundarias, longitud de las ramas plagiotrópicas primarias, secundarias y terciarias, edad de la planta en meses, número y disposición de las yemas seriadas, longitud de los brotes ortotrópicos, número de inflorescencias por rama, número de yemas florales por inflorescencia, número de hojas por árbol, color de las hojas, dimensiones de las hojas, forma de las hojas, número de flores por axila, número de pétalos por flor, olor o fragancia de las flores, color de las flores, dimensiones de las flores, períodos de quiescencia, períodos de anthesis, número de frutos por rama plagiotrópica, número de frutos por árbol, dimensiones de los frutos, peso de los frutos, coloración de los frutos, porcentajes de los componentes de los frutos, porcentaje de frutos con semillas normales, porcentaje de frutos con semillas únicas, porcentaje de frutos vanos, etapas de formación de los frutos, período de maduración de los frutos, tiempo de floración, número de floraciones en el año, caída de flores, caída de frutos, períodos de cosecha, incidencia de plagas y enfermedades, incidencia de desórdenes fisiológicos en la planta, períodos de estrés en la planta, respuesta de la planta a las condiciones de estrés por déficit hídrico, estrés por lluvias excesivas, estrés por calor excesivo, estrés por heladas, estrés por vientos secos, estrés por erosión del suelo, datos de fertilidad del suelo, textura y estructura de los suelos, contenido de materia orgánica en los suelos, profundidad del suelo, capacidad de retención de humedad de los suelos, conductividad eléctrica de los suelos, orientación de las ramas ortotrópicas y plagiotrópicas con respecto al tallo principal, grosor del tallo principal, grosor de las ramas, porcentaje de cafeína de los granos de café, catación de la bebida preparada con los granos tostados y molidos, número de horas diarias de insolación efectiva, tasa diaria de evapotranspiración.

3.6.4 Tecnificación del cultivo

Las principales zonas de alta elevación sobre el nivel del mar (>1250 – 1750 msnm) en Honduras se ubican en los municipios de Marale (Departamento de Francisco Morazán), Santa Ana (Francisco Morazán), Comayagua (Comayagua), El Rosario (Comayagua), Meámbar (Comayagua), Siguatepeque (Comayagua), Taulabé (Comayagua), La Unión (Copán), Corquín (Copán), La Esperanza (Intibucá), Intibucá (Intibucá), Yamaranguila (Intibucá), Jesús de Otoro (Intibucá), Masaguara (Intibucá), Cabañas (La Paz), Chinacla (La Paz), Guajiquiro (La Paz), Marcala (La Paz), Opatoro (La Paz), Santa Ana (La Paz), Yarula (La Paz), Gracias (Lempira), Belén (Lempira), Erandique (Lempira), Lepaera (Lempira), San Andrés (Lempira), San Manuel Colohete (Lempira), San Rafael (Lempira), San Sebastián (Lempira), Santa Cruz (Lempira), Talgua (Lempira), San Marcos de Caiquín (Lempira), Dolores Merendón (Ocotepeque), Fraternidad (Ocotepeque), La Encarnación (Ocotepeque), La Labor (Ocotepeque), Lucerna (Ocotepeque), San Fernando (Ocotepeque), San Jorge (Ocotepeque), Belén Gualcho (Ocotepeque), Santa Bárbara (Santa Bárbara), San Luis (Santa Bárbara), San José de Colinas (Santa Bárbara), Arada (Santa Bárbara), Atima (Santa Bárbara), San Nicolás (Santa Bárbara), Yoro (Yoro), Yorito (Yoro) (ICF, 2015).

La gran mayoría de estas áreas ya están siendo utilizadas para fincas de café, pero la superficie de cultivo es poca, dejando espacio para muchas nuevas siembras de café especial. La tecnificación del cultivo en el área utilizada actual es principalmente del tipo tradicional, con rendimientos promedios por debajo de la media centroamericana. Los rendimientos promedios nacionales del cafeto en Centro América varían desde los 17 qq/ha hasta los 33 qq/ha de café verde; las fincas que operan con el sistema tecnificado pueden alcanzar hasta 66 qq/ha, mientras que las fincas tradicionales de pocos insumos producen sólo cerca de 11 qq/ha (Illy y Viani, 2005).

En Honduras, los rendimientos de café oro por manzana son variables, según la región y el tipo de agricultor. En el caso del pequeño productor se presentan rendimientos de 3.7 qq/mz hasta 12 qq/mz. Para los productores medios va desde 16.5 a 18 qq/mz y los grandes tienen rendimientos de 21.3 qq/mz. El promedio nacional se sitúa en 10.5 qq/mz. Las regiones que tienen los mayores rendimientos son Ocotepeque, Copán y Lempira con 12.5 qq/mz y las más bajas Atlántida, Yoro y Choluteca con 6.9, 5.8 y 3.9 qq/mz respectivamente (CLACDS, 1999).

Para elevar sustancialmente estos promedios nacionales y departamentales, incluyendo los tres estratos de productores pequeños, mediano y grandes, se requiere -además de los recursos científicos, tecnológicos y financieros- un buen cambio de actitud de parte de los productores en el que se acepte el reto de mejorar los hábitos, las costumbres y las posturas hacia el café, sus requerimientos de cultivo y procesamiento, su comercialización y sus normas de calidad (EMBRAPA/SEDE, 2004). El grano de café no sólo es un producto agrícola dirigido a la agroindustria local e internacional; desde el comienzo mismo de su producción debe manejarse como un producto alimenticio, asumiendo todas las exigencias de calidad e inocuidad que tiene como sustancia de consumo humano. Cada productor debe integrar en su finca un paquete de tecnología basado en las Buenas Prácticas Agrícolas recomendadas para su caso particular.

La aceleración de la formación de nuevas variedades híbridas F1, que se multipliquen rápidamente y estén disponibles las plantas comercialmente para los agricultores, provocará en forma paralela e inmediata una fuerte demanda de adaptación de la tecnología agronómica para estas nuevas variedades, tanto por región como incluso por tipo de finca y tipo de productor. Este proyecto deberá contribuir a satisfacer esta nueva demanda, tanto en Honduras como en Israel, donde se estaría innovando del todo con esta producción de café especial.

IV. OBJETIVOS

Este proyecto colaborativo entre universidades de Honduras y de Israel está orientado a producir un impacto positivo en la agricultura, economía y sociedad de ambas naciones, basado en la provisión de recursos fitogenéticos mejorados, tecnología y disponibilidad de plantas mejoradas, generado desde el ámbito académico universitario, con la cooperación y participación de otros socios y beneficiarios locales.

4.1 Objetivo general

El objetivo general del Proyecto es contribuir a elevar el nivel de tecnología del cultivo de cafés especiales en Honduras e impulsar el cultivo de cafés especiales en condiciones de agricultura protegida en Israel.

4.2 Objetivos específicos

El estudio comprende el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

1. Diseñar un modelo de cultivo en agricultura protegida para variedades híbridas sintéticas en las condiciones de campo de Israel.
2. Establecer como base de referencia de los parámetros agroclimáticos aplicados en Israel a las condiciones naturales detectadas en tres localidades de café de altura en Honduras.
3. Diseñar una metodología práctica de propagación acelerada de variedades de café seleccionadas, cruzadas y clonadas que esté al nivel técnico de los caficultores.
4. Establecer un modelo tecnológico básico de producción en el campo de los agricultores que garantice un alto nivel de calidad del producto del cafeto como café especial.

V. DISEÑO METODOLOGICO

El estudio es de carácter descriptivo, participativo, analítico y experimental. Cada fase de ejecución del proyecto contendrá los métodos científicos y técnicos adecuados a sus particularidades.

5.1 Diseño del estudio

La investigación comprende la aplicación de mediciones, observaciones y descripciones de las características agroecológicas en al menos tres áreas cafetaleras ubicadas en zonas de altura de Honduras, que se ubiquen arriba de los 1,200 msnm. Este es el punto de referencia para diseñar un sistema tecnológico de cultivo de café especial en condiciones de agricultura protegida en el territorio de Israel.

La segunda fase metodológica consistirá en el aseguramiento de la participación de agricultores, instituciones agrícolas, entes gubernamentales, y otros actores en la agroindustria del café.

La tercera fase incluye los diseños de sistemas de cultivo innovadores para la producción de cafés especiales en Honduras y en Israel. Esta fase comprende la adaptación de tecnologías en agricultura protegida para condiciones áridas y semiáridas, condiciones subtropicales, secado ecológico del café, propagación de plantas híbridas, creación de variedades híbridas, manejo y conservación del suelo, manejo de la humedad del suelo, humedad relativa del aire y riego del cultivo, uso de fertilización orgánica y enmiendas, control integrado de plagas y enfermedades, procesamiento postcosecha del café, manejo de tejidos, manejo de sombra, protección y conservación de la biodiversidad en el ambiente natural de fincas cafetaleras.

La fase de experimentación se orientará a crear o mejorar los fundamentos técnicos apropiados para el desarrollo de tecnologías de agricultura protegida para el cultivo de cafés especiales, y tecnologías de producción y postcosecha de cafés especiales en zonas de altura, haciendo énfasis en las características de los suelos, control de erosión, uso de sustratos de crecimiento, controles ambientales, riego, fertilización orgánica, enmiendas orgánicas, propagación acelerada de plantas híbridas, producción acelerada de híbridos F1, detección de humedad del grano, secado del grano, fermentación del grano, sistemas de producción de café, almacenamiento y transporte del grano, tostado y molido del grano de café, diseño de infraestructura apropiada para el cultivo protegido de café.

Una atención especial se dará a la generación de paquetes localizados de Buenas Prácticas Agrícolas para la producción de café especial, dentro de los dos sistemas generales de producción en ambiente natural y en condiciones de agricultura protegida.

Dentro de las acciones exploratorias y participativas del estudio se incluyen las siguientes:

1. **Revisión de estudios técnicos y fuentes secundarias.** Se hará una recopilación de estudios científicos relevantes en el campo de los temas principales del proyecto.
2. **Exploración de campo.** En cada una de las zonas de altura seleccionadas, se hará un reporte general inicial de campo sobre las condiciones ambientales, agroclimáticas, de recursos naturales, y de características fisiográficas, explorando el entorno productivo, ambiental, de biodiversidad y natural en cuanto a las condiciones actuales de producción.
3. **Entrevistas a agricultores líderes y líderes institucionales y sociales.** Los productores líderes por comunidades en las zonas cafetaleras consideradas dentro del proyecto serán seleccionados para documentar sus caracterizaciones de las condiciones biofísicas, producción, estacionalidad y productividad agrícola y sus experiencias más destacadas como productores de café especial. Además, se homologarán las entrevistas a agricultores líderes en Israel para seleccionar las unidades de producción con mayor factibilidad para iniciar el proceso innovativo de caficultura protegida en el territorio israelita.
4. **Entrevistas a técnicos agrícolas regionales y nacionales.** Se hará entrevistas a profundidad sobre técnicas agrícolas tradicionales y no tradicionales, diversos enfoques y formas de producción de café especial.
5. **Entrevistas grupales y grupos focales.** También se entrevistarán a profundidad grupos de agricultores en las mismas zonas y comunidades, sobre sus problemas prioritarios alrededor de la productividad agrícola cafetalera enfocada en su vulnerabilidad y su capacidad de adaptación, mitigación y resiliencia al cambio climático. Los grupos focales se organizarán en torno a temas específicos cruciales que se detecten en la zona sobre los hábitos tradicionales y la cultura agrícola cafetalera local, las capacidades económicas de la población para inversión en innovaciones tecnológicas, y el potencial para generar tecnología local.
6. **Estudios de casos.** Los casos más relevantes de conocimiento agrícola local serán documentados, analizados y reportados a la comunidad cafetalera de ambas naciones.
7. **Estudio de las políticas públicas.** Las políticas públicas en uso y las propuestas que se estén considerando, en el nivel local municipal, regional y nacional, serán revisadas y consultadas en su vigencia y aplicación con las autoridades del sector y con los actores institucionales locales y regionales. De aquí se obtendrá una valoración de los alcances positivos o efectos negativos y neutros que tengan dichas políticas y se generará una formulación participativa de propuestas, sugerencias y recomendaciones sobre la validez de campo y operatividad de estas políticas.

5.2 Características del estudio

Este es un estudio descriptivo, participativo, analítico y experimental.

Por la participación de los investigadores, será de carácter inicialmente observacional; por la acción de su trabajo experimental, tendrá alcances intervencionistas para impulsar un proceso de desarrollo incipiente.

Por el propósito general y los fines particulares del trabajo, será descriptivo, participativo, analítico y experimental. Por la intencionalidad, será transversal. Por la temporalidad, será actual. Se buscará hacer una verificación de causalidades entre los factores de campo y se identificarán posibles vinculaciones entre la productividad y rentabilidad y los factores del entorno.

5.2.1 Tipo de estudio

Este estudio es de naturaleza descriptivo, participativo, analítico y experimental. No se hará análisis comparativo entre municipios ni entre zonas de cultivo. El entorno principal será el municipal local y el municipal agregado. En los aspectos descriptivos se podrá recurrir a la agregación y comparación de características demostradas por los recursos varietales.

Descriptivo. Describirá las principales características agroecológicas de las zonas de trabajo del proyecto. Describirá las condiciones del entorno natural, agrícola, socioeconómico, cultural, climático, en el que crece el cultivo de café especial.

Participativo. Tendrán participación los líderes y lideresas de las comunidades rurales, productores y productoras líderes, autoridades locales y actores técnicos institucionales. Se informará a los miembros de estas comunidades de productores acerca de los resultados y tendencias de las investigaciones científicas específicas que se hagan en el campo técnico de la producción de café especial.

Analítico. Se hará análisis científicos y tratamientos estadísticos y matemáticos de los datos recolectados.

Experimental. Se aplicarán los procesos experimentales que sean requeridos por el propósito de tecnificación de la producción y postcosecha del café especial, el mejoramiento varietal y la conformación de una tecnología de agricultura protegida para el cafeto orientada a servir al mercado de consumo de café especial.

5.2.2 Transversalidad

El estudio asimismo es transversal, haciendo un corte temporal en el momento presente. Los datos primarios se tomarán directamente en el campo. La situación actual que se caracterice y se determine será el punto de partida para el diseño de las investigaciones experimentales en el campo.

5.2.3 Temporalidad

La cobertura temporal secundaria tendrá un máximo de 9 años; este es el tiempo mínimo requerido para asegurar la formación de recursos varietales híbridos y su disponibilidad para los caficultores. Será un carácter temporal longitudinal ligado al comportamiento varietal y formación de líneas. Los efectos temporales se asumirán en base al comportamiento de los factores de campo.

5.2.4 Causalidad

El estudio comprende exploración o determinación de relaciones de causa-efecto dentro de la fase experimental. Se buscará establecer las relaciones cuantitativas que aporte el análisis científico de los datos experimentales.

5.2.5 Cobertura geográfica

El estudio comprenderá al menos tres áreas seleccionadas dentro de los 48 territorios municipales hondureños referidos entre las zonas de altura potenciales para la producción de café especial. En Israel, se asume una cobertura geográfica mínima de 2 zonas seleccionadas para las pruebas experimentales de agricultura protegida para el cafeto; las zonas podrán distribuirse en una zona semiárida y una zona árida, o de otra forma de acuerdo a los criterios científicos que se apliquen.

5.3 Población beneficiaria

La población directamente beneficiaria de las actividades del proyecto en Honduras se estima en 600 mil personas, considerando 120 mil productores con una integración familiar promedio de 5 personas. El beneficio asumido es de impacto en el muy largo plazo. En el plazo inmediato, se considerará beneficiarios directos a una parte de los productores actuales en las regiones de trabajo; aunque se ampliará la cantidad con los posibles nuevos productores que se integren a la agricultura de híbridos F1 de la región centroamericana y del proyecto y que adopten las nuevas tecnologías desarrolladas por el proyecto.

El volumen de beneficiarios en Israel también será una estimación de la cantidad de agricultores que se involucren directamente en las actividades del proyecto más la cantidad de agricultores que en el corto, mediano y largo plazo se puedan incorporar a la nueva tecnología agrícola. Esto dependerá de las zonas iniciales que se incluyan en la investigación, más las zonas adicionales que potencialmente se puedan utilizar.

5.3.1 Población fuente

El universo de trabajo en Honduras está constituido por la cantidad de fincas dedicadas a la producción de café especial, con certificación o sin certificación, en las tres zonas que se elijan como áreas piloto de trabajo.

Las unidades de observación serán:

- Las fincas que tengan reconocimiento certificado de sus operaciones productivas en el ámbito del café especial.
- Las fincas que provean al mercado internacional de café con producto de alta calidad, que reúna los requisitos para su denominación como café especial.
- Las fincas con lotes experimentales que se establezcan para la generación de tecnología.
- Las fincas que se integren al nuevo sistema de producción de café especial, tanto en Honduras como en Israel.

Las unidades de análisis serán:

- Los datos agroecológicos locales.
- Los datos fenológicos del cafeto.
- Los agroecosistemas.
- Las tecnologías locales.
- Las zonas geográficas municipales designadas como zonas de altura para el cultivo de café especial.
- Las características socioeconómicas generales de cada zona municipal.
- Las políticas públicas de apoyo y de regulación de la caficultura.

5.3.2 Población dentro del estudio

La población comprendida por el estudio será toda de naturaleza rural, debido a que no se contempla abarcar la agricultura protegida urbana y suburbana.

5.4 Marco muestral

El marco muestral está constituido por el censo nacional de productores de café especial que manejan las asociaciones de productores (AHPROCAFE) y el Instituto Hondureño del Café (IHCAFE).

No se hará muestreo probabilístico, ni se seleccionará al azar las fincas/productores. La selección será dirigida a obtener las mejores características de café especial, y las mejores garantías del entorno y de colaboración para la realización exitosa de los objetivos del proyecto.

5.5 Regiones de trabajo del Proyecto

El trabajo de campo se realizará en tres localidades de Honduras, ubicadas arriba de los 1200 msnm. En Israel, el sitio de trabajo se ubicará en una zona baja (Estación Agrícola Experimental de Rehovot, o un área de similares características) y en una zona opcional arriba de los 900 msnm.

5.6 Procesos productivos recomendados para el Proyecto

Para lograr alcanzar los objetivos del Proyecto se recomienda asegurar los siguientes cambios tecnológicos:

- Establecer el uso de variedades híbridas producidas por el Proyecto, de carácter sintético.
- Hacer la reproducción de las variedades mediante métodos vegetativos de rápidos resultados, trabajando lotes de clones sintéticos híbridos.
- Modernizar los métodos de secado del grano, sin sacrificar la calidad del producto, adaptándolos a las condiciones de producción de los pequeños caficultores en Honduras y en Israel.
- Crear un sistema de bajo costo para la detección apropiada de la humedad del grano durante su proceso de secado.
- En Israel, asegurar la aplicación de tecnologías de ambientación climática que permitan manejar eficientemente las temperaturas durante el año, especialmente en los picos altos y bajos del verano y del invierno.
- En Israel, adaptar un sistema artificial de control de la radiación lumínica y acondicionar un sistema de sombreado de la plantación.
- En Israel, adaptar las condiciones edáficas, utilizando en forma complementaria o total los sustratos de crecimiento.
- En Israel, adaptar el aporte hídrico al cultivo, considerando los requerimientos fisiológicos naturales de la especie arábica, en relación a crecimiento vegetativo, floración, fructificación, llenado del grano y maduración.
- Registrar los datos de campo que correspondan en cuanto a la fenología de la planta de cafeto, sus requerimientos agroclimáticos, su comportamiento fisiológico general y su fisiología productiva.
- Homologar las condiciones naturales del café de altura en Honduras con las condiciones artificiales protegidas que se usarán en Israel.

- Hacer siempre las adaptaciones necesarias para garantizar un valor mínimo de rentabilidad de los cultivos.

5.7 Capacitación de estudiantes, técnicos y agricultores, intercambios y entrenamiento

Es esencial en la ejecución de este trabajo conjunto, ejecutar un proceso de formación, capacitación y entrenamiento, en técnicas de campo y laboratorio, en las bases teóricas adecuadas al cultivo y a las tecnologías que se apliquen, que alcance una armonización y un equilibrio en los niveles técnicos del personal en ambos países. Además del personal técnico del Proyecto, de instituciones de apoyo en el sector cafetalero y de los estudiantes de las universidades, se debe incluir una cantidad apreciable de agricultores en ambos territorios agrícolas, que desde el inicio se involucren en conseguir la realización de los objetivos del Proyecto.

5.8 Estructura de trabajo en equipo

Las tres instituciones académicas se comprometerán a establecer un marco estructural y administrativo, de acuerdo a sus políticas institucionales internas, que le proporcione solidez y dinamismo al trabajo científico. De la misma forma procederán para garantizar una aportación mínima financiera que permita la realización sin tropiezos de las actividades programadas.

El proyecto será organizado con una Coordinación general, integrada por el personal de las tres universidades. Dispondrá de una Comisión Científica Asesora, la que de manera interdisciplinaria hará las aportaciones pertinentes para impulsar las investigaciones. Y habrá dos Equipos Técnicos Nacionales, quienes se encargarán de la ejecución de trabajos, actividades y logro de los objetivos sectoriales.

VI. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

La estructura interinstitucional universitaria incluirá interna y externamente las instancias de dirección, coordinación, control, seguimiento y evaluación, según los criterios institucionales que sean aplicables de acuerdo a las reglamentaciones de cada universidad.

6.1 Seguimiento

La coordinación interinstitucional del proyecto preparará informes semestrales e informes anuales, señalando los avances y obstáculos más importantes que se han tenido en el período. Habrá dos Informes Intermedios, cada 3 años, y un Informe Final.

Funcionará un sistema fluido y dinámico de comunicación frecuente y continuo, según los niveles, entre el personal de las tres instituciones. Para ello se recurrirá a las tecnologías de comunicación avanzadas que se requieran.

6.2 Evaluación

La coordinación interinstitucional del proyecto contratará una entidad evaluadora externa, o utilizará los recursos internos de evaluación, al final de la ejecución del proyecto para valorar el cumplimiento de los fines y objetivos propuestos.

Se evaluará los éxitos del proyecto, la eficiencia, las debilidades, las fortalezas, las principales dificultades, los cambios obligados en la programación, los factores externos imprevisibles, los grandes y valiosos aprendizajes, las motivaciones y nuevos dinamismos alcanzados en el campo de los agricultores, los alcances logrados en los fines y objetivos, los retos superados, las tendencias y oportunidades generadas para la producción de café especial en ambos países.

Mediante sesiones especiales, se incorporará la participación de agricultores y otros actores, para explorar las nuevas perspectivas creadas por el proyecto y las propuestas que se puedan generar desde el sector productor.

Los éxitos del proyecto se medirán en base a 1) el establecimiento de un nuevo modelo de agricultura protegida para el cultivo del café especial en Israel, 2) los logros alcanzados en el mejoramiento varietal de *Coffea arabica L.* para la producción de café especial en las zonas de altura de Honduras, 3) los avances en tecnología agroecológica que se realicen para la producción agrícola protegida y para los pequeños, medianos y grandes productores de café especial en las zonas de altura de Honduras.

6.3 Productos esperados, informes técnicos y publicaciones científicas

Las universidades proveerán espacios de difusión de los resultados de los trabajos científicos particulares que estarán comprendidos en la ejecución del Proyecto. Los espacios incluirán la información a los usuarios productivos o agricultores de la caficultura en Honduras y a los agricultores pioneros del cultivo del cafeto en Israel que estén participando en el proyecto.

Dentro de los productos esperados del proyecto se considerarán: las tesis de grado y de posgrado dentro de la temática del proyecto, los estudios especiales que se generen, un proceso de intercambio de estudiantes y personal académico, un proceso de capacitación, un laboratorio de biotecnología para cultivo de tejidos y embriogénesis somática en la propagación del cafeto, un conjunto de variedades híbridas F1 de cafeto, dos paquetes de Buenas Prácticas Agrícolas para el cultivo de café especial, los informes técnicos, los artículos científicos y publicaciones de divulgación técnica, los libros y otro tipo similar de publicaciones, las conferencias científicas y los videos y otros recursos de comunicación con los beneficiarios.

VII. TAREAS Y PLAN DE TRABAJO

El proyecto se realizará entre los años calendarios 2023 y 2031, incluidos. La fase inicial es crítica para salvar las dificultades que presenta estacionalmente la propagación del cafeto arábica, tanto por semilla como por vía vegetativa. Las instalaciones para la conservación de las plantas que servirán para el proceso de mejoramiento varietal y formación de híbridos son vitales para sortear el aletargamiento del trabajo técnico. También es esencial lograr un establecimiento sólido de las observaciones climatológicas, ambientales y otras en fincas de altura, con un inicio temprano (ver Tabla 1).

Tabla 1 Tareas y cronograma de trabajo

Año	Descripción
2023	<ul style="list-style-type: none"> · Establecimiento de 3 entidades coordinadoras y una Coordinación General · Diseño de un sistema de coordinación y protocolos de trabajo · Elaboración de un plan de trabajo inmediato para los primeros tres años del proyecto · Reclutamiento del personal técnico y de apoyo · Organización del nivel participativo · Elaboración de un plan de seguimiento y evaluación · Elaboración de un programa de trabajo para el mejoramiento varietal y su ejecución · Elaboración de un programa de trabajo para la agricultura protegida en el café y su ejecución · Elaboración de un programa de trabajo para innovaciones tecnológicas en la producción de café especial, y su ejecución · Selección de agricultores participantes en el proyecto · Realización de las primeras prospecciones de campo · Formación de las unidades de trabajo en el campo con plantas de cafeto · Diseño de experimentos agrícolas y su ejecución · Informes, publicaciones y eventos educativos y de divulgación
2024	<ul style="list-style-type: none"> · Establecimiento de un laboratorio de campo para propagación masiva de plantas híbridas F1 · Realización de experimentos agrícolas · Continuación con el trabajo varietal · Formación y reproducción de híbridos F1 · Informes, publicaciones y eventos educativos y de divulgación
2025	<ul style="list-style-type: none"> · Propagación de híbridos F1 y pruebas de campo · Realización de experimentos agrícolas · Continuación con el trabajo varietal · Formación y reproducción de híbridos F1 · Informes, publicaciones y eventos educativos y de divulgación · Primer Informe Intermedio
2026-2031	Igual

VIII. REFERENCIAS

- Asociación de Consultores Especializados en el Desarrollo (ANED), SIGIL, 2017. *Final Evaluation Report, Sustainable Agriculture Improvement Project*. USDA, TechnoServe. Tegucigalpa, Honduras.
- Bobadilla Landey Roberto, 2013. *Influence of micropropagation through somatic embryogenesis on somaclonal variation in coffee (Coffea arabica): assessment of variations at the phenotypical, cytological, genetic and epigenetic level*. Thèse, Université Montpellier II, France.
- Brodie Graham, Jacob Mohan V., Farrel Peter, 2014. *Microwave and Radio-Frequency Technologies in Agriculture*. De Gruyter Open Ltd., Warsaw/Berlin.
- Cabrera Jorge, 2017. *Israeli coffee firm bets on women farmers in developing nations*. REUTERS. <https://www.reuters.com/article/us-womens-day-coffee-idUSKBN16F1BJ>
- Carrillo Leonor, 2003. *Los hongos de los alimentos y forrajes*. Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Casaca Ángel Daniel, 2005. *El cultivo de la fresa*. DICTA. <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-de-la-fresa,-G.pdf>
- Charmetant Pierre, s. f. *Variedades del futuro al servicio de los productores*. En *Café en CIRAD*. Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo. Boulevard de la Lironde, Montpellier, Francia.
- CLACDS, 1999. *La caficultura en Honduras*. Tegucigalpa, Honduras.
- Daily Michael, 2018. *Coffee Cultivation Can Be the Game Changer for Israel*. Blog. <https://blogs.timesofisrael.com/>
- DaMatta Fabio y Nelson Rodríguez, 2007. *Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico*. En *Agronomía Colombiana*, vol. 25, núm. 1, enero-junio, 2007, pp. 113-123. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316240013>
- De Los Santos-Briones César y S. M. Teresa Hernández-Sotomayor, 2006. *Coffee biotechnology*. *Braz. J. Plant Physiol.*, 18(1):217-227, 2006.
- EMBRAPA/SEDE, 2004. *Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura do Café*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2004. 83 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA. Brasília, Brasil.

- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1958. *Manual del Cafetero Colombiano*. Editorial Argra Ltda., Bogotá, Colombia.
- Figuerola Hernández Esther, Francisco Pérez Soto, Lucila Godínez Montoya, s.f. *La producción y el consumo del café*.
- Gindel Israel, 1961. *Ecological behavior of the coffee plant under semi-arid conditions*. In *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles*, 8, 329-362.
- Gindel Israel, 1962. *Comportamiento ecológico de la planta de café bajo condiciones semiáridas*. En revista *Café*, Turrialba, Costa Rica.
- Hartmann Hudson T., Dale E. Kester, Fred T. Davies Jr., Robert L. Geneve, 2014. *Plant propagation principles and practices*. 8th Edition. Pearson. Essex, England.
- Hernández Oscar, 2022. *El efecto más impensado del cambio climático*. <https://www.iadb.org/es/mejorandovidias/el-efecto-mas-impensado-del-cambio-climatico>
- Hernández Alcantar Paola Andrea, 2021. *Beneficios e importancia de producir variedades de cafés especiales como estrategia competitiva para pequeños caficultores*. Fundación Universidad de América. Bogotá, Colombia.
- <https://slideplayer.es>, 2022. *Enfermedad de las Manchas Blancas (EMB) White Spot Disease (WSD) Actualización del diagnóstico ambiental Octubre ppt*. Imagen anomalía de temperatura globo terráqueo. <https://slideplayer.es/slide/4046035/>
- I Suliansyah, Yusniwati, E Resigia, S Febjislami, Warnita, CP Amanda y L Rahimah, 2021. *Multiplication of arabica "Solok Rajo" coffee through bio cellular technology*. En: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 741 012053.
- ICF, 2015. *Atlas Municipal, forestal y cobertura de la tierra*. Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre. Atlas por cada municipio de Honduras. Tegucigalpa, Honduras.
- IHCAFE, 2021. *Informe final, resumen, cierre exports 2019-2020*. Tegucigalpa, Honduras.
- IHCAFE, 2021. *Manual técnico para una caficultura sostenible y productiva*. Tegucigalpa, Honduras.
- Illy Andrea y Riantonio Viani, 2005. *Espresso coffee, the science of quality*. Second edition. San Diego, California
- International Coffee Organization, 2022. *Coffee statistics*. www.ico.org
- International Coffee Organization, 2015. *Sector del café sostenible de África*. ICC 114-5 Rev. 1. Consejo Internacional del Café, Milán, Italia. <https://www.ico.org/documents/cy2014-15/icc-114-5-r1c-overview-coffee-sector-africa.pdf>

- IsraelAgri, 2022. *Israel & UAE: First corporate cooperation for Agriculture*. <https://israelagri.com/israel-uae-first-corporate-cooperation-for-agriculture/>
- Jaramillo-Robledo Álvaro y Germán Valencia-Aristizábal, 1980. *Los elementos climáticos y el desarrollo de Coffea arabica L. en Chinchina, Colombia*. Cenicafe, 127-143, 1980.
- Koike Steven, Mark Bolda, 2013. *Marchitez de Fusarium en fresa: un segundo patógeno del suelo en California*. <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=11131>
- Macchione Saes Maria Sylvia y Douglas Nakazone, 2019. *Estudio de competitividad de las cadenas integradas en el Brasil*. Fundación de Economía de Campinas (FECAMP). <https://federaciondecafeteros.org/static/files/art%2019.pdf>
- Malir Frantisek, Vladimir Ostry, Annie Pfohl-Leszkowicz, Jan Malir, Jakub Toman, 2016. *Ochratoxin A: 50 years of research*. En: *Toxins* 2016, 8, 191; doi:10.3390/toxins8070191. www.mdpi.com/journal/toxins
- MASHAV, s. f. *The Indo-Israeli Agriculture Project*. Israel's Agency for International Development Cooperation. MASHAV Brochure 20. State of Israel.
- McCartney Lucas y Mark G. Lefsrud, 2018. *Protected agriculture in extreme environments: a review of controlled environment agriculture in tropical, arid, polar, and urban locations*. En: *Applied Engineering in Agriculture*, Vol. 34(2): 455-473. American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0883-8542 <https://doi.org/10.13031/aea.12590>
- Mesén Francisco y Luis Diego Jiménez, 2016. *Producción de clones de café por miniestacas*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Meza Alcides Iván, Salvador Inestroza Fiallos, Melvin Ardón, 2015. *Investigación sobre los impactos del cambio climático en dos microcuencas de Honduras*. Plataforma Agraria, OCDIH, AESMO, ASONOG, OXFAM. Tegucigalpa, Honduras.
- MINAGRI Government of the Republic of Rwanda, 2022. *Rwanda and Israel reiterate stronger cooperation in agriculture development*. <https://www.minagri.gov.rw/updates/news-details/rwanda-and-israel-reiterate-stronger-cooperation-in-agriculture-development>
- Ramírez Porras Ernesto Vinicio, Mayorga Dax, Macz Andrea, 2014. *The “sustainable agricultural improvement” project; midterm evaluation report*. TechnoServe, USDA. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Ramírez Rojas Jorge, 2016. *Caficultura desde Costa Rica*. En *Comunicaciones Técnicas de Café*, número 65, noviembre 2016. Heredia, Costa Rica.
- Rezende Tiago Teruel, 2016. *Clonagem de Coffea arabica por enraizamento de segmentos de ramos ortotrópicos*. Universidade Federal de Lavras. Brasil.

Schilling Tim, 2013. *World Coffee Research, new genetic solutions*. En: Symposium, The Specialty Coffee Association of America (SPAA) video.

Somarriba Eduardo, 2021. *Coffee as Subject in Applied Teaching and Research at CATIE*. Virtual conference. CATIE, CGIAR. Turrialba, Costa Rica.

Specialty Coffee Association of America (SPAA), 2018. *Protocols & Best Practices*. http://www.scaa.org/?page=resources&d=green-coffee-protocols&source=post_page

Sylvain Pierre G., 1967. *Aspectos generales de la producción de café*. IICA. Maracaibo, Caraballeda, Venezuela.

Usha Rani V., S. N. Sushil, K. Vijaya lakshmi, et al., 2019. *Coffee*. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture, India.

vipartnerships.org, 2020. *International programs*. <https://www.vipartnerships.org/international-programs>

Virginio Filho Elias de Melo y Carlos Astorga Domian, 2021. *Estado del arte y manejo de los híbridos F1 (Coffea arabica L.) del Programa de Mejoramiento Genético de PROMECAFE*. CATIE, Turrialba, Costa Rica.