



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MÉCANICA Y ELÉCTRICA

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

**MÉTODO SOSTENIBLE PARA MEJORAR CALIDAD
SANITARIA DEL GRANO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
EMPLEADO PARA ELABORAR TORTILLA:
PERSPECTIVA SISTÉMICA-TRANSDISCIPLINARIA**

T E S I S

Que para obtener el grado de
Doctor en Ingeniería de Sistemas

P R E S E N T A

M. en C. Carmen Liliana Rodríguez Páez

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Claudia Hernández Aguilar



México, D.F. 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 10:30 horas del día 26 del mes de Marzo del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.M.E. ZAC. para examinar la tesis titulada:

“MÉTODO SOSTENIBLE PARA MEJORAR CALIDAD SANITARIA DEL GRANO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EMPLEADO PARA ELABORAR TORTILLA: PERSPECTIVA SISTÉMICA – TRANSDISCIPLINARIA”

Presentada por el alumno:

RODRÍGUEZ

PÁEZ

CARMEN LILIANA

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Con registro:

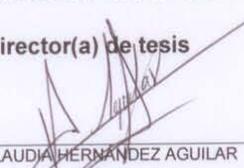
B	0	9	1	7	8	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de: **DOCTORADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

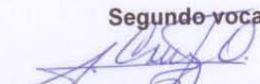
Director(a) de tesis


DRA. CLAUDIA HERNÁNDEZ AGUILAR

Presidente


DR. LUIS MANUEL HERNÁNDEZ SIMÓN

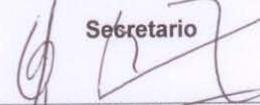
Segundo vocal


DR. ALFREDO CRUZ OREA

Tercer vocal


DR. JOSÉ LUIS LÓPEZ BONILLA

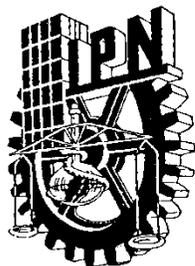
Secretario


DR. JAIME REYNALDO SANTOS REYES

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. JAIME ROBLES GARCÍA





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, Distrito Federal el día 26 del mes de Marzo del año 2012, la que suscribe **CARMEN LILIANA RODRÍGUEZ PÁEZ** alumna del Programa de **DOCTORADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS** con número de registro **B091788**, adscrito a la sección de estudios de posgrado e investigación de la **ESIME Unidad Zacatenco**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la doctora **CLAUDIA HERNÁNDEZ AGUILAR** y cede los derechos del trabajo titulado **Método sostenible para mejorar calidad sanitaria del grano de maíz (*Zea mays* L.) empleado para elaborar tortilla: perspectiva sistémica-transdisciplinaria**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección carmenlilianapa@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

CARMEN LILIANA RODRIGUEZ PÁEZ

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis con gran amor y respecto a Dios por la vida, por la fe y porque siempre me encomiendo a él en cada etapa de mi vida, sin él no habría sentido.

A mi esposo Ricardo y compañero de investigación por su amor y comprensión en cada fase de nuestros estudios. Gracias sin ti este camino no tendría amor. Te amo.

A mis padres Ramón y Marleny por su infinito amor y sacrificio para que yo lograré mis metas, ellos son mi orgullo y mi fortaleza.

A mis hermanas Nancy y María de los Angeles por ser mi refugio y mis mejores amigas.

A mi tía Rosita por abrirme las puertas de su casa y por ser ejemplo de fuerza y dedicación.

RECONOCIMIENTO

A mi directora de Tesis **Dra. Claudia Hernández Aguilar**, por darme la oportunidad de ser parte de su grupo de investigación, por su dedicación y constante supervisión en el camino de investigación. Persona que admiró por su entrega, amor por lo que hace y calidad como investigadora. ***Dra. Mil Gracias por enseñarme a caminar lento que llevamos prisa en la investigación.***

AGRADECIMIENTOS

Con cariño y respecto a la M. en C. María Cristina Pérez Reyes por sus valiosas asesorías y soporte para la investigación experimental.

Al Dr. Arturo Domínguez Pacheco, por su amable disposición para asesorarme en materia de diseño del prototipo radiador.

Al Dr. Luis Manuel Hernández, Dr. Jaime Santos Reyes, Dr. Alfredo Cruz y al Dr. José Luis Bonilla por tomarse el tiempo de leer y retroalimentar mi trabajo de tesis.

Al Dr. Ernesto Moreno y a su equipo de trabajo, por abrirme las puertas a su Unidad de Investigación en Granos y Semillas en la cual pude desarrollar mis actividades experimentales de micobiota.

A la Dra. Rosalba Zepeda, por apoyar al grupo de investigación con el suministro de material biológico.

A la Ing. Esther Ayala, por sus pacientes observaciones en la obtención de datos experimentales.

Al Laboratorio de Técnicas Fototérmicas del CINVESTAV, por permitirnos utilizar sus instalaciones para pruebas experimentales.

Al M. en C. Efraín Martínez, por darme la oportunidad de llegar a esta casa de estudios y siempre darme el impulso de seguir adelante y por sus comentarios tan formales. Gracias profe.

A los Doctores y Maestros que conforman el Programa de Ingeniería de Sistemas por sus asesorías en cada una de las materias que curse.

A los molinos y tortillerías de la Delegación Gustavo A. Madero por permitirme evaluar su materia prima el Maíz.

A mis primas Milena y Aleja por darme ese calor de familia en este bello país.

A mi amiga Doricela por su compañía y apoyo en este camino.

A la Familia Rico Molina por brindarme su hogar al inicio de este camino.

A mi familia que a pesar de la distancia siempre me dieron su voz de aliento y todo su apoyo para seguir adelante. **Pa tras ni para coger impulso.**

A **Conacyt y a PIFI** por los recursos económicos recibidos para el desarrollo y culminación de este proyecto de investigación.

Al **Instituto Politécnico Nacional**, institución que me permitió desarrollar investigación.



“No es lo importante lo que uno hace, sino cómo lo hace, cuánto amor, sinceridad y fe ponemos en lo que realizamos”

Madre teresa de Calcuta



ÍNDICE

ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
GLOSARIO	xxiii
LISTA DE ACRÓNIMOS	xxiv
RESUMEN	xxvi
ABSTRACT	xxvii
INTRODUCCIÓN	
i.1 Presentación del proyecto de Tesis	2
i.2 Estructura de la Tesis	7
CAPÍTULO 1. CONTEXTO Y FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1 Contexto de la investigación	13
1.1.1 Contexto físico	13
1.1.2 Contexto histórico de la sistémica	16
1.1.2.1 Sistémicos a través de la historia	19
1.1.2.1.1 Personajes del desarrollo del enfoque sistémico	19
1.1.2.2 Metodologías sistémicas en la historia	31
1.1.3 Contexto histórico- cultural	34
1.1.3.1 Contexto histórico de la calidad sanitaria en los alimentos	35
1.1.3.2 Métodos para el mejoramiento de la calidad sanitaria de alimentos	41
1.1.3.2.1 Métodos tradicionales	41
1.1.3.2.2 Métodos químicos	41
1.1.3.2.3 Métodos físicos	42
1.1.3.2.3.1 Luz Ultravioleta	45
1.1.3.3 Contexto histórico del maíz (<i>Zea mays</i> L.)	47
1.4 Fundamentos de la investigación	53
1.4.1 Base científica de la investigación	53
1.5 Justificación	55
1.6 Objetivos e Hipótesis	56
1.6.1 Objetivo general	56
1.6.2 Objetivos particulares	56
1.6.3 Hipótesis	57
1.7 Tabla de congruencia	57

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO Y TEÓRICO

2.1 Marco metodológico	62
2.1.1 Proceso de investigación	64
2.1.1.1 Fase I. Investigación de campo (definición del problema-focalización mundo real)	66
2.1.1.2 Fase II. Investigación del sujeto que investiga	71
2.1.1.3 Fase III. Investigación experimental	72
2.1.1.4 Fase IV. Investigación de impactos en el mundo real	77
2.2 Marco teórico	79
2.2.1 Conocimiento sistémico	79
2.2.1.1 Transdisciplinariedad	80
2.1.1.1.1 La existencia de varios niveles de la realidad	81
2.1.1.1.2 La lógica del tercero incluido	82
2.1.1.1.3 La complejidad	83
2.2.1.2 Actitud Transdisciplinaria	85
2.2.2 Disciplinas que entrelazan la investigación	86
2.2.2.1 Física	86
2.2.2.1.1 El espectro electromagnético	87
2.2.2.1.2 La radiación ultravioleta (UV)	88
2.2.2.1.2.1 Características físicas	89
2.2.2.1.2.2 Fuentes de radiación ultravioleta	90
2.2.2.1.2.3 Definición de la dosis de UV	91
2.2.2.1.2.4 Ventajas y desventajas de la luz ultravioleta	91
2.2.2.2 Biología	92
2.2.2.2.1 Fitopatología	93
2.2.2.2.2 Fotobiología	93
2.2.2.2.3 Biofísica	94
2.2.2.3 Estadística	95
2.2.2.4 Agronomía	96

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

3.1 Fase I. Investigación de campo (definición del problema-focalización mundo real)	98
3.1.1 Conocimiento del mundo real	103
3.1.1.1 Análisis de situación actual	103
3.1.1.1.1 Características generales y ubicación de la zona evaluada	103
3.1.1.1.2 Evaluación de la calidad fitosanitaria de tortilla y grano de maíz	106
3.1.1.1.2.1 Evaluación de hongos en tortillas en la GAM	106

3.1.1.1.2.1.1	Introducción	106
3.1.1.1.2.1.2	Objetivo	107
3.1.1.1.2.1.3	Hipótesis	107
3.1.1.1.2.1.4	Materiales y métodos	107
3.1.1.1.2.1.5	Resultados	108
3.1.1.1.2.2	Evaluación de calidad sanitaria en grano de maíz	110
3.1.1.1.2.2.1	Introducción	110
3.1.1.1.2.2.2	Objetivo	111
3.1.1.1.2.2.3	Hipótesis	111
3.1.1.1.2.2.4	Materiales y métodos	111
3.1.1.1.2.2.4.1	Caracterización de los granos de maíz	111
3.1.1.1.2.2.4.2	Determinación de micobiota	114
3.1.1.1.2.2.4.3	Determinación de especies	115
3.1.1.1.2.2.4.4	Análisis estadístico	115
3.1.1.1.2.2.5	Resultados	119
3.1.1.1.3	Evaluación de fumonisinas en grano de maíz recolectados en 13 molinos de la zona de Cuauhtepc (Delegación GAM)	125
3.1.1.1.3.1	Introducción	125
3.1.1.1.3.2	Objetivo	126
3.1.1.1.3.3	Hipótesis	126
3.1.1.1.3.4	Materiales y métodos	126
3.1.1.1.3.4.1	Determinación de fumonisinas en forma natural	126
3.1.1.1.3.4.2	Cromatografía de afinidad	127
3.1.1.1.3.4.3	Análisis estadístico	128
3.1.1.1.3.5	Resultados	129
3.1.1.2	Diagnóstico de la situación actual del mundo real	130
3.2	Fase II. Investigación del sujeto que investiga	132
3.3	Fase III. Investigación experimental	134
3.3.1	Efecto de la luz ultravioleta UV-C, sobre la micobiota que afecta a los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) híbrido San Juan desinfectado y no desinfectado	135
3.3.1.1	Introducción	136
3.3.1.2	Objetivo	136
3.3.1.3	Hipótesis	136
3.3.1.4	Materiales y métodos	136
3.3.1.4.1	Tratamiento a los granos de maíz	137
3.3.1.4.2	Determinación de micobiota	138
3.3.1.4.3	Diseño experimental	140
3.3.1.5	Resultados	140

3.3.2 Efectos de tratamientos ultravioleta UV-C sobre la micobiota en granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) híbridos San Juan y H-159	141
3.3.2.1 Introducción	141
3.3.2.2 Objetivo	143
3.3.2.3 Hipótesis	143
3.3.2.4 Materiales y métodos	144
3.3.2.4.1 Tratamiento de los granos con radiación ultravioleta	144
3.3.2.4.2 Determinación de micobiota	145
3.3.2.4.3 Diseño experimental y análisis estadístico	145
3.3.2.5 Resultados	146
3.3.3 Tratamiento ultravioleta del grano de maíz híbrido comercial Leopardo sobre el desarrollo de <i>A. flavus</i> en maíz inoculado	152
3.3.3.1 Introducción	152
3.3.3.2 Objetivo	153
3.3.3.3 Hipótesis	153
3.3.3.4 Materiales y métodos	153
3.3.3.4.1 Preparación del inóculo	154
3.3.3.4.2 Tratamientos con radiación	154
3.3.3.4.3 Determinación de micobiota	154
3.3.3.5 Resultados	156
3.3.4 Tratamiento ultravioleta UV-C en granos de maíz híbrido comercial Leopardo inoculados con <i>Fusarium moniliforme</i> y <i>Aspergillus flavus</i>	157
3.3.4.1 Introducción	157
3.3.4.2 Objetivo	157
3.3.4.3 Hipótesis	158
3.3.4.4 Materiales y métodos	158
3.3.4.4.1 Material biológico	158
3.3.4.4.2 Tratamiento ultravioleta a granos de maíz	158
3.3.4.4.3 Inoculación del grano	160
3.3.4.4.4 Determinación de micobiota	163
3.3.4.4.5 Análisis estadístico	163
3.3.4.5 Resultados	163
3.4 Fase IV. Investigación de impactos en el mundo real	169
3.4.1 Introducción	169
3.4.2 Materiales y métodos	171
3.4.2.1 Caracterización del grano	171
3.4.3 Resultados	172
3.4.4 Tecnológica	174
3.4.5 Económica	177
3.4.6 Científica	178

3.4.7 Ambiente	178
3.4.8 Sociedad	178
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS PARA FUTUROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN	
4.1 Discusión	180
4.1.1 Efecto de la luz ultravioleta UV-C, sobre la microbiota que afecta a los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) híbrido San Juan desinfectado y no desinfectado	181
4.1.2 Efectos de tratamientos ultravioleta UV-C sobre la microbiota en granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) híbridos San Juan y H-159	182
4.1.3 Tratamiento ultravioleta del grano de maíz híbrido comercial Leopardo sobre el desarrollo de <i>A. flavus</i> en maíz inoculado	185
4.1.4 Tratamiento ultravioleta UV-C en granos de maíz híbrido comercial Leopardo inoculados con <i>Fusarium moniliforme</i> y <i>Aspergillus flavus</i>	187
4.2 Discusión de la investigación de campo	188
4.3 Discusión general	189
4.4 Conclusión	191
4.4.1 Efecto de la luz ultravioleta UV-C, sobre la microbiota que afecta a los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) híbrido San Juan desinfectado y no desinfectado	191
4.4.2 Efectos de tratamientos ultravioleta UV-C sobre la microbiota en granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) híbridos San Juan y H-159	192
4.4.3 Tratamiento ultravioleta del grano de maíz híbrido comercial Leopardo sobre el desarrollo de <i>A. flavus</i> en maíz inoculado	193
4.4.4 Tratamiento ultravioleta UV-C en granos de maíz híbrido comercial Leopardo inoculados con <i>Fusarium moniliforme</i> y <i>Aspergillus flavus</i>	193
4.5 Conclusión de la investigación de campo	193
4.6 Conclusión general	194
4.7 Impactos en la comunidad por la calidad sanitaria de los alimentos	197
4.8 Recomendaciones para el control sanitario de la industria de la masa y la tortilla	198
4.8.1 De las características y condiciones sanitarias	199
4.9 Perspectivas para futuros trabajos de investigación	200
4.10 Aportaciones del trabajo de investigación	202
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	205
ANEXOS	222
Anexo A. Manual de prototipo irradiador UV-C	223
Anexo B. Características físicas de los gran híbridos de maíz utilizados en las pruebas experimentales	230
Anexo C. Diseño experimental y resultados conocimiento del mundo real	233

actividad 3.1.1.1.2.2	
Anexo D. Resultados del programa SAS de la actividad 3.3.2	236
Anexo E. Diseño experimental de la actividad 3.3.3	
Anexo F. Características de la macro morfología y micromorfología de hongos en granos de maíz (Nelson, 1983)	238
Anexo G. Diseño experimental y resultados obtenidos de la actividad granos inoculados con 30,000 esporas/mL de <i>A. flavus</i>	241
Anexo H. Procedimiento para determinar la humedad de los granos	244
Anexo I. Preparación medios de cultivos PDA y MSA	247
Anexo J. Procedimiento para fumonisinas	249
Anexo K. Caracterización de materiales	251
Anexo L. Aportaciones científicas-comprobantes	254

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

i.1	Sujeto en el proceso de investigación	7
i.2	Método para el desarrollo del trabajo de Tesis	10
i.3	Visión rica de las disciplinas e instituciones participantes en el desarrollo de la investigación	11

CAPÍTULO 1. CONTEXTO Y FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.0	Contexto físico: Ubicación de la investigación	15
1.1	Sistémicos en la historia	30
1.2	Visualización de la resolución de problemas	34
1.3	Visión rica de la Bromatología	40
1.4	Historia de la luz ultravioleta	46
1.5	Ilustración de la lámpara de Finsen y aplicación de los rayos utilizando la luz Finse	47
1.6	Principales países con consumo del Maíz	49
1.7	Usos del maíz en diferentes países	52
1.8	Espectro electromagnético	53

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO Y TEÓRICO

2.1	Proceso de investigación	63
2.2	Metodología para el proceso de investigación	65
2.3	Visión rica para focalizar la problemática del mundo real	68
2.4	Método general para realizar el conocimiento del mundo real	69
2.5	Método para determinar microbiota presente en el grano	70
2.6	Método para identificar fumonisina en granos del mundo real	70
2.7	Visión rica investigación del sujeto que investiga	72
2.8	Proceso cibernético para el desarrollo experimental	74
2.9	Método para llevar a cabo las actividades experimentales	75
2.10	Método para llevar a cabo la inoculación del grano	76
2.11	Fase IV investigación de impacto en el mundo real	77
2.12	Visión rica del rigor en el proceso de investigación	78
2.13	Representación del tercero incluido	83
2.14	Visión holística de las disciplinas que entrelazan la investigación	86
2.15	Espectro electromagnético	88

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

3.0	Fase I. Investigación de campo (focalización problemática-mundo real)	99
3.1	Visión rica de la problemática mundial	100

3.2	Descomposición y focalización de la problemática de alimentación	102
3.3	Visión rica de la ubicación del objeto en estudio	104
3.4	Población de la GAM	105
3.5	Proceso para la evaluación de hongos en tortillas en la GAM	109
3.6	Parámetros de procesamiento de la tortilla	112
3.7	Ubicación geográfica de la zona de investigación de campo	113
3.8	Proceso para la evaluación de calidad sanitaria del mundo real en granos de maíz zona Cuauhtepic	116
3.9	Ubicación de las colonias recolectadas	118
3.10	Porcentaje de grano infectado por hongos encontrados en la prueba mundo real	119
3.11	Porcentaje grano infectado con hongos en las 30 muestras de granos de maíz de la GAM	122
3.12	Ilustración de las especies de hongos identificadas en los granos de maíz mundo real	124
3.13	Método empleado para la determinación de fumonisina granos de maíz mundo real	128
3.14	Fase II. Investigación del Sujeto que investiga	132
3.15	Evolución del sujeto que investiga en el proceso de investigación	133
3.16	Fase III. Investigación Experimental	134
3.17	Montaje experimental para la radiación con luz UV-C de los granos	137
3.18	Metodo para la determinación de la microbiota en placa (PDA y MSA)	139
3.19	Métodos sostenibles utilizados en la agricultura	142
3.20	Efecto de la radiación UV-C en granos de maíz híbridos San Juan y H-159 a diferentes tiempos de exposición, sobre el porcentaje de granos infectados con <i>Fusarium spp</i>	150
3.21	Efecto de la radiación UV-C en granos de maíz híbridos San Juan y H-159 a diferentes tiempos de exposición, sobre el porcentaje de granos infectados con <i>Fusarium monoliforme</i>	150
3.22	Efecto de la radiación UV-C en granos de maíz híbridos San Juan y H-159 a diferentes tiempos de exposición, sobre el porcentaje de grano infestados con hongos	151
3.23	Método para la elaboración de la prueba de maíz inoculado con <i>A. flavus</i>	155
3.24	Porcentaje de reducción del grano de maíz inoculado con <i>A. flavus</i> después de someterlo a radiación UV-C a diferentes tiempos	156
3.25	Prototipo irradiador (a) lámparas UVC; (b) radiómetro digital UVX y (c) Tubo de cuarzo	159
3.26	Método para la inoculación del grano	162
3.27	Porcentaje de reducción en el grano inoculado a 3,000 y 6,000 conidios/ml con <i>F. monoliforme</i> después de someterlos a radiación 65.2	167

	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (a) <i>F.monoliforme</i> , (b) <i>Penicillium spp.</i>	
3.28	Porcentaje de reducción en el grano inoculado a 3,000 y 6,000 conidios/ml con <i>F. monoliforme</i> después de someterlos a radiación $65.2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (c) <i>Rhizopus spp.</i> (d) <i>Cladosporium spp.</i>	167
3.29	Porcentaje de reducción en el grano inoculado a 3,000 y 6,000 conidios/ml con <i>A.flavus</i> después de someterlos a radiación $65.2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (a) <i>A.flavus</i> (b) <i>A.niger</i>	168
3.30	Fase IV. Investigación de impactos mundo real	169
3.31	Visión rica de la metodología sistémica transdisciplinaria	170
3.32	Método para la elaboración de la prueba mundo real	171
3.33	Efecto de la radiación ultravioleta con intensidad de $32.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ sobre la microbiota encontrada en los granos de maíz del mundo real	173
3.34	Efecto de 10 min de exposición a la radiación ultravioleta sobre el porcentaje de granos de maíz infectados con hongos	173
3.35	Evolución del prototipo elaborado para las pruebas	174
3.36	Foto de los materiales probados (1,2) cajas Petri 20*100 vacía y con medio; (3,4 y 5) vidrio diferentes tamaños; (6) caja Petri 15*100; (7) bolsas de celofán; (8) bolsa de plástico; (9) cuarzo (10) acrílico	175
3.37	Media de intensidad de radiación ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) de cada uno de los materiales sometidos a 10 minutos de exposición	176

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS PARA FUTUROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

4.1	Proceso evolutivo del proceso de investigación	180
4.2	Cadena de maíz – tortilla	198

ANEXOS

A.1	Proceso de armado del prototipo	224
G.1	Prototipo de UV-C (8 lámparas UV, modelo G5 T8 Phillips)	241
G.2	Preparación de la muestra granos de maíz inoculado y en crecimiento con <i>A. flavus</i>	241
H.1	Proceso prueba de humedad	245
L.1	Espectros de reflectancia obtenidos por la UV-Vis para celofán, caja Petri, cuarzo y vidrio	251
L.2	Espectros de reflectancia obtenidos por la UV-Vis para los híbrido de maíz usados en la investigación experimenta	252

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1. CONTEXTO Y FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN		
1.1	Metodologías sistémicas	32
1.2	Ventajas y desventajas de los métodos empleados en la agricultura	41
1.3	Efectos de la radiación ultravioleta (UV-C) en el control de hongos en frutas, vegetales, medicina y en la agricultura	43
1.4	Tabla de congruencia	58
CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO Y TEÓRICO		
2.1	Ventajas y desventajas del uso de luz ultravioleta	92
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA		
3.0	Procedencia de los granos de maíz de la segunda fase utilizados para el análisis de la situación actual en GAM	117
3.1	Análisis de varianza de la prueba de micobiota presente en 30 muestras de granos de maíz recolectados de la GAM	120
3.2	Comparación de medias de la prueba de micobiota presente en 30 muestras de granos de maíz recolectados de la GAM, México	121
3.3	Comparación de medias de la cantidad de especies de <i>Fusarium</i> identificadas en las 30 muestras de la GAM, Distrito Federal	123
3.4	Comparación de medias de la cantidad total de fumonisinas aisladas de granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) recolectados de la GAM, México	129
3.5	Diagnóstico de la situación actual del mundo real	130
3.6	Distancias y tiempos de irradiación de la luz UV-C aplicados a los granos de maíz	137
3.7	Análisis de varianza de <i>Fusarium spp.</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>F. dimerium</i> y <i>Penicillium spp.</i> en grano desinfectado-PDA	140
3.8	Análisis de varianza en la incidencia de hongos en (géneros y especies) de los granos de maíz híbridos San Juan y H-159 cultivados en Zumpango, Edo de México	147
3.9	Comparación de las medias (DMS) de las variables obtenidas de la prueba de Micobiota de granos de maíz de los híbridos San Juan y H-159, cultivados en Zumpango, Edo de México	148
3.10	Arreglo para los tiempos y potencias de radiación	154
3.11	Arreglo para la radiación a los granos de maíz	160
3.12	Análisis de varianza del efecto de UV-C sobre granos de maíz híbrido Leopardo inoculados con <i>A. flavus</i> y <i>F. moniliforme</i>	165

3.13	Comparación de medias del porcentaje de reducción de hongos en el grano de maíz Híbrido Leopardo inoculado con <i>Fusarium monoliforme</i> y <i>Aspergillus flavus</i> después de la exposición UV-C	166
3.14	Diferencias entre los prototipos	176
3.15	Intensidad de radiación ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) de los diez materiales expuestos a radiación de 1 a 10 minutos	177

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS PARA FUTUROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

4.1	Tabla de congruencia - valoración de objetivos alcanzados	196
4.2	Aportaciones científicas derivadas de la investigación	203

ANEXOS

B.1	Caracterización física del grano de maíz San Juan	227
B.2	Caracterización física grano de maíz H-159	228
B.3	Caracterización física grano de maíz comercial “Leopardo”	229
C.1	Diseño experimental actividad mundo real	231
C.2	Acomodación de granos	231
E.1	Diseño experimental actividad 3.3.3	236
E.2	Acomodación de los granos	236
F.1	Características generales macroscópicas y micromorfología de los hongos aislado en granos de maíz	238
F.2	Características físicas de los hongos aislados	239
G.1	Relación entre régimen y tiempos de exposición con el tratamiento UV-C	241
G.2	Resultados obtenidos	242

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Actitud: es la capacidad individual o social de guardar una orientación constante, inmutable, cualquiera que sea la complejidad de una situación en la vida. Sobre el plano social, esta orientación es la de un flujo de información atravesando los diferentes niveles de realidad, mientras que en el plano individual esta orientación es la de un flujo de conciencia atravesando los diferentes niveles de percepción (Basarab, 1993).

Actitud Transdisciplinaria: presupone: “pensamiento y experiencia interior, ciencia y conciencia, efectividad y afectividad Con tres características fundamentales rigor, apertura y tolerancia (Basarab, 1998).

Adaptación: es por lo tanto "una variante fenotípica que proporciona la mayor eficacia biológica entre una serie especificada de variantes en un medio determinado" (Reeve y Sherman, 1993). Esto quiere decir que es posible de antemano predecir qué carácter constituirá una adaptación y cuál no.

Agar: en microbiología se conoce como una sustancia amorfa. Se emplea como medio de cultivo en bacteriología, como apresto de sedas, como sustituto de la gelatina, etc., (Sherman y Cappuccino, 1998).

Agar Papa Dextrosa: medio para el cultivo y enumeración de levaduras y mohos a partir de alimentos y otros materiales. Los hidratos de carbono y la infusión de papa favorecen el crecimiento de levaduras y hongos, en tanto que por el bajo rango de pH, la flora acompañante se reduce significativamente (Sherman y Capuccino, 1998; Urcia y Guevara, 2002).

Análisis de Datos: se le llama al proceso de recopilación y organización de datos con objeto de identificar tendencias y patrones (Mendenhall y Sincich, 1997).

Aprendizaje: es el proceso a través del cual se adquieren nuevas habilidades, destrezas, conocimientos, conductas o valores como resultado del estudio, la experiencia, la instrucción, el razonamiento y la observación (Rojas, 2001).

Artículo Científico: es un escrito donde se comunican los resultados de la investigación de una manera clara, concisa y fidedigna (Alvarado, 2009). Day, (1983) señala, que es una publicación, en una revista de una investigación, de los resultados de una investigación original, de forma que otros autores puedan reproducir los experimentos y comprobar las conclusiones.

Atributos: definen al sistema tal como lo conocemos u observamos (Mendenhall y Sincich, 1997). Los atributos pueden ser cuantitativos o cualitativos (Van Gigch, 2000).

Calidad de Semilla: de acuerdo con la International Seed Testing Association (ISTA, 1993), calidad de semilla es un concepto constituido por diferentes atributos, que permiten obtener abundantes cosechas del cultivo deseado. Se refiere a las características físicas (tamaño, color, materiales extraños), sanidad (libre de virus y enfermedades), genéticas (homogéneas, identidad genética) y fisiológicas (capacidad de germinación, vigor y viabilidad), que determinan el mejor resultado en campo. La calidad de semilla es frecuentemente requerida para pronosticar la germinación uniforme bajo condiciones subópticas del suelo, temperatura y humedad, para lograr un mejor establecimiento temprano del cultivo (Cantiffe y Tigchelaar, 1980).

Calidad Sanitaria: Implica no solo ausencia de microorganismos patógenos y/o sus toxinas, sino el registro de características organolépticas que proporcionen plena satisfacción al ser consumido (Hampton, 2002). Ligándolo con el concepto de salud es el estado o completo estado de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de enfermedad.

Causalidad: es el principio o el origen de algo. El concepto se utiliza para nombrar a la relación entre una causa y su efecto, y puede utilizarse en el ámbito de la física, la estadística y la filosofía (DRAE, 2012).

Ciencia: viene del latín *scientia* 'conocimiento' es el conjunto de conocimientos sistemáticamente estructurados obtenidos mediante la observación de patrones regulares, de razonamientos y de experimentación en ámbitos específicos, de los cuales se generan preguntas, se construyen hipótesis, se deducen principios y se elaboran leyes generales y esquemas metódicamente organizados (DRAE, 2011).

Contexto: es el conjunto de objetos exteriores al sistema, pero que influyen decididamente a éste, y a su vez el sistema influye, aunque en una menor proporción, influye sobre el contexto; se trata de una relación mutua de contexto-sistema (Van Gigch, 2000).

Complejidad: primera vista la complejidad es un tejido (*complexus*: lo que está tejido en conjunto) de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple. Al mirar con más atención, la complejidad es, efectivamente, el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico. Así es que la complejidad se presenta con los rasgos inquietantes de lo enredado, de lo inextricable, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre (Morín, 1997).

Conocimiento: es un conjunto de información almacenada mediante la experiencia o el aprendizaje (a posteriori), o a través de la introspección (a priori) (Davenport y Prusak, 1998).

Conciencia: es un juicio de la razón por el que el hombre reconoce la bondad o maldad de un acto. Estado en que el hombre se puede darse cuenta de las cosas que están al alrededor (Kent, 1985; Feldman, 1994).

Control: es el tratamiento de comparación adicional, que no debe faltar en un experimento. Para nuestro caso, el control (no irradiado) este se constituye como referencial del experimento y sirve para la comparación de los tratamientos en prueba (Hernández, 2004).

Contenido de humedad: cantidad de agua que contienen las semillas (Moreno, 1996).

Columna de afinidad FumoniTest™: es la prueba de confianza que produce resultados numéricos precisos para la determinación de fumonisinas, está compuesto por una ampollita de vidrio, utilizando anticuerpos monoclonales basados en la cromatografía de afinidad (Vicam).

Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC): Es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatografía (Mazzani, 2000).

Datos: representación de hechos para que el hombre o las máquinas puedan procesarlos con facilidad (Mendenhall y Sincich, 1997).

Diseño experimental: se utiliza para planear un experimento de manera que se pueda obtener la información pertinente a un determinado problema que se investiga y así tomar decisiones correctas (Mendenhall y Sincich, 1997).

Diseño factorial: es un método de selección de tratamientos (es decir, combinaciones factor-nivel) que se incluirán en un experimento. Un experimento

factorial completo es uno en el que los tratamientos consisten en todas las combinaciones factor-nivel (Mendenhall y Sincich, 1997).

Diversidad: se compone no sólo de un elemento, sino de la variación y la abundancia relativa de especies de modo que las medidas de diversidad así consideran estos dos factores: riqueza de especies, que es el número de especies; y uniformidad, esto es, en qué medida son abundantes las poblaciones de cada especie (DRAE, 2012).

Ética: el comportamiento, la conducta y el actuar del hombre en cuanto al hombre (Singer, 2011). La palabra *ética* proviene del latín *ethicus*, y éste del griego *θικός*, o transcrito a nuestro alfabeto, "éthicos". Es preciso diferenciar al "êthos", que significa "carácter" del "ethos", que significa "costumbre", pues "ética" se sigue de aquel sentido, y no es éste. Desconocer tal diferencia deriva en la confusión de "ética" y "moral", pues esta última nace de la voz latina "mos", que significa costumbre, es decir, lo mismo que "ethos". Si bien algunos sostienen la equivalencia de ambas doctrinas en lo que a su objeto respecta, es crucial saber que se fundamentan en conceptos muy distintos.

Endógenamente: endógeno hace referencia a algo que se origina o nace en el interior (fuerza que viene del interior de la D.T.E Tierra), o que se origina en virtud de causas internas (DRAE, 2012).

Fumonisinias: son un grupo de micotoxinas caracterizado recientemente producidas por *F. moniliforme*, un moho presente en todo el mundo y que se encuentra con frecuencia en el maíz (Mazzani, 2000).

Grano: es el tipo de fruto típico de las gramíneas (*Poaceae*) o cereales (Mora, 1997).

Grano dañado: es todo grano entero o grano quebrado grande de maíz, que esté evidentemente alterado en su color, olor o apariencia por efecto del agua, por calentamiento en el secado o por auto calentamiento, por heladas, por ataque de microorganismos o plagas, por germinación o por cualquier otra causa no mecánica (Mora, 1997).

Grano completo: serían granos a los que no se les ha fracturado ninguna de sus partes. Este concepto se utiliza dentro de otras definiciones de fracciones de grano para hacer referencia al tamaño de un grano que no se ha fracturado. También se hace referencia a este tipo de grano como granos de tamaño original, granos sin fracturar, grano sano, grano normal y otros. Los granos completos son un tipo de grano entero cuando se acepta una definición para grano entero como la descrita a continuación (Mora, 1997).

Híbrido: descendiente de padres de distinta constitución genética (genotipos), independientemente de su categoría taxonómica. Con relación a sus padres, el híbrido además de precocidad mejora en rendimiento y calidad. Se utiliza con más frecuencia en el cultivo de maíz, trigo y papa (GreenFacts, 2011).

Hongos: son los patógenos más importantes de las plantas, y también en cuanto a patógenos transportadores en las semillas (Moreno, 1996). Los hongos se dividen en dos grupos ecológicos: hongos de campo, los cuales son más o menos parasíticos y afectan las semillas antes de la cosecha y hongos de almacenamiento, los cuales generalmente son parásitos facultativos que se desarrollan después de la cosecha (Castaño y Zepeda, 1987).

Histopatología: Estudio con el microscopio, de los tejidos y de los órganos enfermos (DRAE, 2012).

Homogeneidad: un lote homogéneo al que es razonablemente uniforme en sus diferentes componentes. Se refiere a cualquier atributo o característica medible en un análisis (Moreno, 1996).

Inseparabilidad: sentido del inseparabilidad -Calidad de inseparable (Carrizo *et al.*, 2004).

Inseparabilidad cuántica: que sostiene que cada partícula afecta a todas las demás sin importar el lugar en el que se encuentren (Tamariz, 2007).

Interdisciplinarietà: consiste en la transferencia de métodos (Tamayo y Tamayo, 2004).

Investigador: sujeto o individuo capaz de explorar y transformar un tema con dedicación, compromiso, rigor, planeación, y ética. Se podría decir que interactúa con la realidad desde su propia postura crítica (Hernández, 2010: notas de clases).

Investigar: viene de la voz latina sustantiva vestigio, “seguir las huellas”. Sus sinónimos son indagar, inquirir, buscar dando un rodeo, rastrear, hacer diligencias para descubrir una cosa, averiguar (Beltrán, 2005).

Inoculación: inoculation (lat. *Inoculatio*, genit, implantar, injertar, sembrar; comunicar una enfermedad contagiosa). Acto o proceso de inocular; especialmente la introducción de un patógeno en un organismo vivo (Ulloz y Hanlin, 2006).

Inóculo: inoculum, porción de gérmenes, generalmente patógenos, que con un vehículo cualquiera se transfiere a un organismo o a un sustrato para inocularlos, y que ahí se pueden desarrollar, (implantar, injertar) sembrar, comunicar una enfermedad contagiosa (Ulloz y Hanlin, 2006).

Inconexa: Que no tiene conexión con una cosa (DRA, 2012).

Interacciones: interacción es una acción recíproca entre dos o más objetos, sustancias, personas o agentes (DRAE, 2012).

Maíz: se puede clasificar según su uso como cereal, como hortaliza, si se consume en forma de maíz tierno, como forraje, si se utiliza la planta entera, o como fuente de aceite, si se procesa su semilla (Berlijin, 2007).

Materialismo dialéctico: El materialismo dialéctico, cuya presentación como tal se debe más a la actividad de Engels que a la del propio Marx, ha sido considerado tradicionalmente como la toma de posición filosófica de Marx y Engels frente al idealismo hegeliano, es decir, como el resultado de su crítica del idealismo y, como tal, se ha presentado por la mayoría de los estudiosos del marxismo como el marco de referencia conceptual desde el que desarrolla el materialismo histórico, que sería la expresión propiamente científica de su pensamiento.

Micotoxinas: son sustancias producidas por ciertos hongos y tóxicas para animales y humanos (Carillo, 2003).

Micobiota: está asociada al estudio de hongos (Ulloz y Hanlin, 2006).

Muestra: una porción o parte de un conjunto. Un subconjunto seleccionado de una población o subconjunto de lo que se esté estudiando para llevar a laboratorio (Moreno, 1998).

Multidisciplinarietà: en donde todas las disciplinas intervienen en el mismo caso, en donde el sujeto se fragmenta, en donde hay un parcelamiento de la intervención, sin conexión entre las diversas disciplinas (diversas disciplinas o especialidades de la disciplina). Elichiry (1986), sostiene que hay una fragmentación del objeto de estudio, en donde hay prácticas que aparecen fragmentadas en donde no hay una puesta en común para abordar un problema.

Propiedades emergentes: son resultado de las interacciones entre elementos, surgen propiedades nuevas que no pueden explicarse a partir de las propiedades de los elementos aislado (DRAE, 2012).

Pluralidad: diferencia de ideas y posturas respecto de algún tema, o de la vida misma. La pluralidad enriquece en la medida en la que hay más elementos para formar una cultura (DRAE, 2012).

Retroacciones: Regresión./ fisil y bil Acción que el resultado de un proceso material ejerce sobre el sistema de que procede, de tal manera que la actividad de éste queda regulada en cuanto a la producción de ese resultado (DRAE,2012).

Rigor: de la transdisciplinariedad es una profundización del rigor científico, en la medida en que toma en cuenta no solamente las cosas sino también los seres y su relación con los otros seres y con las cosas. Tomar en cuenta todos los datos presentes en una situación dada caracteriza este rigor (Basarab, 1998; Bartlett, 2006).

Rigor científico: se conoce etimológicamente que es considerado como el cuidado, exigir y actuar con calidad, está ligado no al uso de un método *versus* otro, sino a la falta de errores, "impecabilidad" o perfección con que son aplicados los mismos. El significado que esta "impecabilidad" tiene en la aplicación de los métodos, en el marco de investigación cualitativa, es lo que aquí interesa destacar (M. Scott, 1991).

Semilla: en términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. Desde el punto de vista de botánica, una semilla es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricio y protegido por el epispermo (Moreno, 1996).

Senescencia: Senescencia, del latino "senectus", es sinónimo de envejecimiento (González-Aguilar *et al.*, 2001).

Sistema: es un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes, que se relacionan formando un todo unitario y complejo (Van Gigch, 2000).

Sostenible: Desde la perspectiva de la prosperidad humana y según el Informe Brundtland de 1987, la sostenibilidad consiste en satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

Subsistema: es una subdivisión del sistema, como subdivisión al subsistema puede tener su propia estructura y funcionamiento (Van Gigch, 2000).

Suprasistema: o supersistema, es el sistema que integra a los sistemas desde el punto de vista de pertenencia. En otras palabras, es un sistema mayor que contiene sistemas menores (Van Gigch, 2000).

Tratamiento: es una combinación específica de niveles de los factores que intervienen en un experimento en nuestro caso los tratamientos son los diferentes tiempos de exposición y cuyos efectos van a ser medidos y comparados (Padrón, 1996).

Transdisciplinariedad: es una transgresión generalizada, que abre un espacio ilimitado de libertad, de conocimiento, de tolerancia y amor (Basarab, 1998).

Tween: es un detergente de polisorbato 20 o Monooleato de Polioxietileno Sorbitan conocido comercialmente como Tween 20, es un surfactante polisorbato cuya estabilidad y relativa ausencia de toxicidad permiten que sea usado como detergente y emulsionante en numerosas aplicaciones domésticas, científicas y farmacológicas. Esta sustancia está aprobada por la Unión Europea, identificada como E-433 (DRAE, 2012).

Unidad experimental: la unidad experimental, es el objeto o espacio al cual se aplica el tratamiento y donde se mide y analiza la variable que se investiga (Mendenhall y Sincich, 1997).

Unidisciplinar: Se refiriere a un trabajo desde una sólo posición, desde su posición, donde hay un recorte, teniendo que ver con una causa y un efecto (DRAE, 2012).

LISTA DE ACRÓNIMOS

ANOVA: Análisis de Varianza

AESAN: Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición.

APS: Asociación de Patólogos

CINVESTAV: Centro de Investigación y Estudios Avanzados

CE: Comisión Europea

CFSAN: Centro para la Seguridad Alimentaria y Nutrición Aplicada

D.F.: Distrito Federal

DMS: Diferencias mínimas significativas

ESIME: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

ETAs: Enfermedades Transmitidas por Alimentos

EPA: Agencia de Protección Ambiental

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

FB1: Fumonisina mas tóxica

FESC: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

FDA: Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos

FIS: Federación Internacional de Semillas

FUMONITEST^{MT}: Método Cuantitativo para la Detección de Fumonisina

GAM: Gustavo A. Madero

HPLC: Cromatografía Líquida de Alta Eficacia

IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer

INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático

ISTA: Asociación Internacional de pruebas de Semillas

LSD: Diferencia Mínima Significativa

MSA: Malta Sal Agar

MOST: Gestión de las Transformaciones Sociales

OMS: Organización Mundial de la Salud

PBS: Solución buffer salino

PDA: Papa Destroza Agar

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

SMF: Sociedad Mexicana de Fitopatología

TGS: Teoría General de Sistemas

UNIGRAS: Unidad de Investigación en Granos y Semillas

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

UV: Ultravioleta

MÉTODO SOSTENIBLE PARA MEJORAR CALIDAD SANITARIA DEL GRANO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EMPLEADO PARA ELABORAR TORTILLA: PERSPECTIVA SISTÉMICA- TRANSDISCIPLINARIA

RESUMEN

Considerando la necesidad en México y el mundo de desarrollar métodos ecológicos que ayuden a mejorar la calidad sanitaria de granos de maíz (*Zea maíz* L.) que se ven afectados por el cambio climático y en consecuencia impactan en la salud humana y animal por el consumo de alimentos contaminados con micotoxinas, la presente Tesis se propone como objetivo general contribuir a mejorar la calidad sanitaria de granos de maíz (*Zea mays* L.), empleados para la elaboración de tortillas mediante un método sostenible: UV-C

Con la perspectiva sistémica- transdisciplinaria este proceso de investigación se desarrolló en cuatro fases: Investigación de campo, Investigación del sujeto que investiga, Investigación experimental e Investigación de impactos en el mundo real. El material biológico granos de maíz (*Zea mays* L.) empleado en esta investigación fueron proporcionados por investigadores de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y del mundo real (molinos de la zona norte de la Delegación Gustavo A. Madero).

Con esta investigación se espera que la aplicación de tratamientos con luz ultravioleta UV-C a determinados tiempos y distancias de exposición pudieran convertirse en una alternativa para mejorar la calidad sanitaria del grano de maíz, así como en futuras investigaciones con otros materiales biológicos.

Palabras Claves: *Investigación Sistémico – Transdisciplinaria, Transdisciplinarietà, Rigor, Radiación ultravioleta, Granos de Maíz, Zea mays* L., Hongos.

**SUSTAINABLE METHOD TO IMPROVE SANITARY QUALITY THE MAIZE
GRAINS (*Zea mays* L.) USED TO ELABORATE TORTILLA: SYSTEMIC
PERSPECTIVE-TRANSDISCIPLINARY**

ABSTRACT

Considering the need in Mexico and the world to develop environmentally friendly ways to help improve the sanitary quality of corn (*Zea mays* L.) that are affected by climate change and thus impact on human health and animal consumption food contaminated with mycotoxins, this thesis is intended as general objective investigate to improve the sanitary quality of corn (*Zea mays* L.), used to make tortillas using a sustainable method: UV-C.

With the systemic-transdisciplinary research process involved four phases: Field Research, Research investigating the subject, and Research experimental impacts in the real world. Biological material grains of maize (*Zea mays* L.) used in this research were provided by researchers from the Autonomous University of Chapingo (UACH), National Institute of Agricultural and Forestry Research (INIFAP) and the real world (Mills north of the Gustavo A. Madero).

This research is expected that the application of ultraviolet light treatments for specific UV-C exposure times and distances could become an alternative to improve the sanitary quality of corn grain, and future research with biological materials.

Keywords: Systemic Research - Transdisciplinary, Rigor, ultraviolet radiation, Grains of corn, *Zea mays* L., fungi.

*No podemos resolver problemas pensando de la misma
manera que cuando los creamos.*

Albert Einstein

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

i. **Presentación del proyecto de Tesis**

En virtud de la crisis humana planetaria que existe en la actualidad, así como el problema de hiper-especialización, existiendo alrededor de 8,000 disciplinas científicas y subdisciplinas (Hernández, 2010: notas de clases), y con necesidades urgentes de sustentabilidad en el planeta, es indispensable abordar la investigación desde otro enfoque que le permita integrarse a otras disciplinas y se busquen soluciones a problemas del mundo real, y que llevándola a investigación aplicada se genere tecnología para que se continúe transformando la sociedad como lo ha hecho desde hace muchos años, pero ahora con propuestas y soluciones armoniosas, soluciones sistémicas que permitan la subsistencia del hombre y su entorno. De esta manera la UNESCO (2004) planteó la necesidad de utilizar responsablemente la Ciencia en beneficio de la Sociedad, haciendo hincapié en buscar lograr conciencia en los diferentes ámbitos de la investigación.

De esta manera, la comunidad académica en virtud de avanzar en la integración de campos de conocimiento y contribuir a las necesidades que se viven en la humanidad del siglo XXI señala una serie de conceptos comunes al conocimiento como es la complejidad de Luhman (Powers, 1984), y el uso en ella de la noción de autopoiesis para explicar lo social como sistema que *aprende, se auto genera y auto organiza*, y Edgar Morín (1984, 1997), quien ha asumido la complejidad en su sentido de método, y la transdisciplinariedad de Basara Nicolescu (1998) identificando tres pilares de un abordaje: complejidad, múltiples niveles de realidad, y la lógica del tercero incluido (Espina y Carrido, 2003).

En el mundo existe una población alrededor de 6,700 millones de personas (ONU, 2012), la cual enfrenta y se proyecta enfrentará problemas por la escasez y baja calidad de alimentos (Atanda *et al.*, 2011). Se sabe que la Tierra enfrenta el fenómeno del calentamiento global, lo que impacta principalmente en la producción agrícola en cantidad y calidad de producción (Chakraborty y Newton, 2010; Berrang *et al.*, 2011). De tal manera que es

urgente coadyuvar desde las diferentes disciplinas, incluida la Ingeniería de Sistemas, a detener procesos destructivos de la tierra, el ambiente y en consecuencia la producción de alimentos de humanos y animales (Vasilevski, 2003). Esta reportado en la literatura científica, pudiera repercutir en desnutrición y/o enfermedad, conocidas como las enfermedades de nuestros tiempos como el cáncer y la obesidad entre otras, de los cuales se tiene que México ocupa el segundo lugar en obesidad, y el tercer lugar en muertes a causa del cáncer, en la población infantil ocupa el segundo lugar (OMS, 2010), entre los principales tipos de cáncer se tiene el de mama (64.74), cervicouterino (48.28) y próstata (32.95) (INEGI, 2010). Durante el 2007 se registra crecimiento en los egresos hospitalarios de 4 mil 375 casos. De los cuales se tiene que en hombres el cáncer de estómago (4.1), colón (4.0) e hígado (2.4) ocupan el 9,5 y 4 lugar de mortalidad. En mujeres el cáncer de estómago e hígado equivale al octavo y sexto lugar con un porcentaje de 2.5 y 2.1% (INEGI, 2010), siendo el Distrito Federal la tercera entidad con más muertes a causa de cáncer. Con la información disponible al 2007 se observa que en México, al igual que en el plano internacional, existe un incremento en los casos de cáncer. Por otro lado, se han encontrado diferencias epidemiológicas entre los países, las cuales pueden deberse a factores ambientales, estilos de vida, hábitos, genética y alimentación (OMS, 2010).

El cambio climático ha impactado la agricultura y seguridad alimentaria (Magan *et al.*, 2011; Chakraborty y Newton, 2011), propiciando el desarrollo de enfermedades de las plantas (Eastburn *et al.*, 2011), afectando la calidad de los cultivos alimenticios como el maíz (*Zea mays* L.)(IPCC, 2007). Especialmente desde la perspectiva de control de hongos (Pingali y Pandey, 2001). En este proyecto de Tesis se planteó trabajar a través de las distintas disciplinas, incluyendo métodos y conceptos de la disciplina de Ingeniería de Sistemas para demostrar que mediante una propuesta alternativa a las existentes se podría combatir el problema de calidad sanitaria que existe en el grano de maíz que se emplea para elaborar tortilla en la zona norte de la Delegación Gustavo A. Madero de la Ciudad de México.

Dentro de las estrategias de control de hongos usadas en la agricultura, esta la rotación de cultivos, evitar el despliegue e infestación de tierra y patógenos que se encuentran en las

plantas, reproducción de hongos resistentes a cultivos de maíz y la aplicación de agroquímicos (Cornelissen y Melchers, 1993), y demás prácticas agronómicas que permitan el establecimiento y desarrollo de un cultivo sano y, como consecuencia una producción de semillas libres de hongos de importancia económica (Moreno, 1996). En el siglo pasado el hombre empleó métodos de tratamiento químico en la agricultura (FIS, 1999), pero el uso por largo tiempo ha disminuido la resistencia de las plantas, disminución de la productividad y pérdidas de la capacidad de la tierra; ocasionado consecuencias negativas en los suelos, ambiente y por consiguiente a la salud humana y animal (Vasilevski, 2003). Por lo tanto, es importante probar nuevos métodos que puedan controlar la calidad sanitaria de los granos en particular en granos empleados para la industria de la tortilla que sean amigables con el ambiente.

Otras técnicas utilizadas incluyen la fumigación con dióxido de carbono (CO₂) (Nilrattanakhun, 2003), desinfección con óxido de propileno (Almond Board of California, 2007), tratamientos con sales de ácido propiónico (Moreno *et al.*, 2000), y aplicación de ozono (Khadre *et al.*, 2001). En cambio, investigaciones científicas reportan tratamientos con radiofrecuencia, técnica efectiva en la desinfección de organismos patogénicos (Lagunas *et al.*, 2006), tratamientos térmicos para la inactivación de microorganismos en zumos de frutas (López y Palou, 2005).

Otro método sostenible que está siendo aplicado para reducir la contaminación por hongos en la industria alimentaria, es el uso de radiación ultravioleta en la región (UV-C), conocida como germicida en una longitud de onda de 200 – 280 nanómetros (nm) (Shama, 1999; Unluturk *et al.*, 2008). Números estudios han explicado estos efectos en la desinfección del agua (Litved y Cripps, 1999; Sutton *et al.*, 2000), para la desinfección del aire, controlar contaminación en la superficie de plantas y materiales de empaquetamiento, almacenamiento postcosecha de frutas y vegetales (Rivera *et al.*, 2007; Begum *et al.*, 2009). En los últimos años el uso de esta tecnología se ha centrado en el tratamiento de líquidos y alimentos (Unluturk *et al.*, 2008; Koutchma, 2009; Oteiza *et al.*, 2009).

En el área de la medicina, Gritz *et al.*, (1990) reportaron que la irradiación UV-C

germicida fue efectiva combatiendo *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Acanthamoeba*, *Candida* y *Aspergillus niger* en lentes de contacto.

Tratamientos que usan la irradiación UV-C, han sido probados como una alternativa tecnológica capaz de reducir la tasa de maduración y activar una respuesta de defensa natural en la planta para incrementar la vida postcosecha de frutos y hortalizas, por ejemplo melón (Lamikanra *et al.*, 2005), brócoli (Costa *et al.*, 2006), pimiento (Vicente *et al.*, 2005), entre otros. Así mismo (Liu *et al.*, 1991) reportaron que la exposición a dosis bajas de UV-C retrasó la maduración y senescencia en manzana, encontrándose resultados similares en otros productos como mango (González *et al.*, 2001), durazno (González *et al.*, 2004) y naranja (D'hallewing *et al.*, 1999); Barka *et al.*, (2000) estudiaron los efectos de la luz UV-C en la inducción de algunas enzimas en tomate. Sin embargo, pocos estudios se han realizado para elucidar el modo de acción de la radiación UV-C sobre granos. En Japón, fue usada para estimar la inactivación de *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.*, en granos de trigo (Hidaka y Kubota, 2006).

Tomando en consideración la importancia de la calidad en los alimentos, y con base a la revisión de literatura realizada no hay conocimiento en los datos que indique la utilidad de UV-C para controlar hongos en granos de maíz. Por lo tanto, se planteó el siguiente trabajo de tesis donde se ha propuesto el empleo de un método sostenible para mejorar la calidad sanitaria del grano de maíz (*Zea mays* L.) empleado para elaborar tortilla.

Los granos básicos como el maíz (*Zea mays* L.) ocupan un lugar estratégico en la economía y el consumo alimentario a nivel mundial (Retes, 2010). La FAO, (2009) reporta una producción de 393.5 millones de toneladas para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro. En México al igual que en algunos países de Centroamérica (Flores *et al.*, 2007), los productos de maíz, son la base de la alimentación popular, utilizando principalmente dos variedades de maíz: el blanco y el amarillo o forrajero. El maíz blanco se produce exclusivamente para el consumo humano (SIAP, 2010a). En 2009 se sembraron 7.72 millones de ha con maíz para grano, con una producción de 20.14 millones de ton, y un rendimiento promedio de 3.14 ton/ha; de los cuales se destinaron a la alimentación humana 11,824.3 millones de ton (SIAP, 2010a), principalmente en forma de tortilla (Zepeda *et al.*,

2009), ya que representa el 38.8% de las proteínas, 4.5 % de las calorías y 49.1% del calcio de su ingesta diaria (Figuroa *et al.*, 2008a). Según Lomelí (1996), en las clases de menores ingresos este producto aporta hasta 70 % de las calorías que ingieren diariamente.

Sin embargo, en México sólo se produjeron 1.32 millones de ton de maíz grano con una superficie sembrada de 566.43 ha (SIAP, 2010b). Lo que demuestra un déficit de grano y una necesidad para mejorar la calidad del grano de maíz en sus distintos atributos de calidad, como es la sanitaria que redunde en la mejora de la calidad de alimento para consumo humano y, para la aplicación en la industria, para la producción de masa y tortilla (Zepeda *et al.*, 2009). De este modo, es importante generar métodos que permitan mejorar la seguridad alimentaria afectada por el cambio climático en la agricultura (Chakraborty y Newton, 2011).

Es importante destacar las fases generales del proceso evolutivo de investigación, a) Investigación de campo (mundo Real-empírica y con especialistas), b) Investigación documental (Evidencia científica) y c) Investigación Experimental, estando estas fases en un proceso cibernético de retroalimentación constante (Hernández, 2009, 2010 y 2011: notas de clase). Sin olvidar el sujeto que investiga como parte importante del proceso de investigación, cuya primera herramienta de conocimiento resultan ser ellos mismos (interconexión de ética, valores, conocimiento, etc.) (Figura i.1). En todo momento, ese sujeto será protagonista del proceso de conocimiento. En segundo lugar, porque para desarrollar investigación transdisciplinaria que se abordará más adelante, se requiere una concepción compleja del conocimiento, del mundo y fundamentalmente de sí mismo como sujeto. Realizando continua interacción con el mundo real (proceso cibernético) y regresando al laboratorio, lo que lleva a generar conciencia de ir más allá del problema para brindar soluciones sistémicamente sostenibles. De ahí la importancia de hacer investigación con una perspectiva Transdisciplinaria.

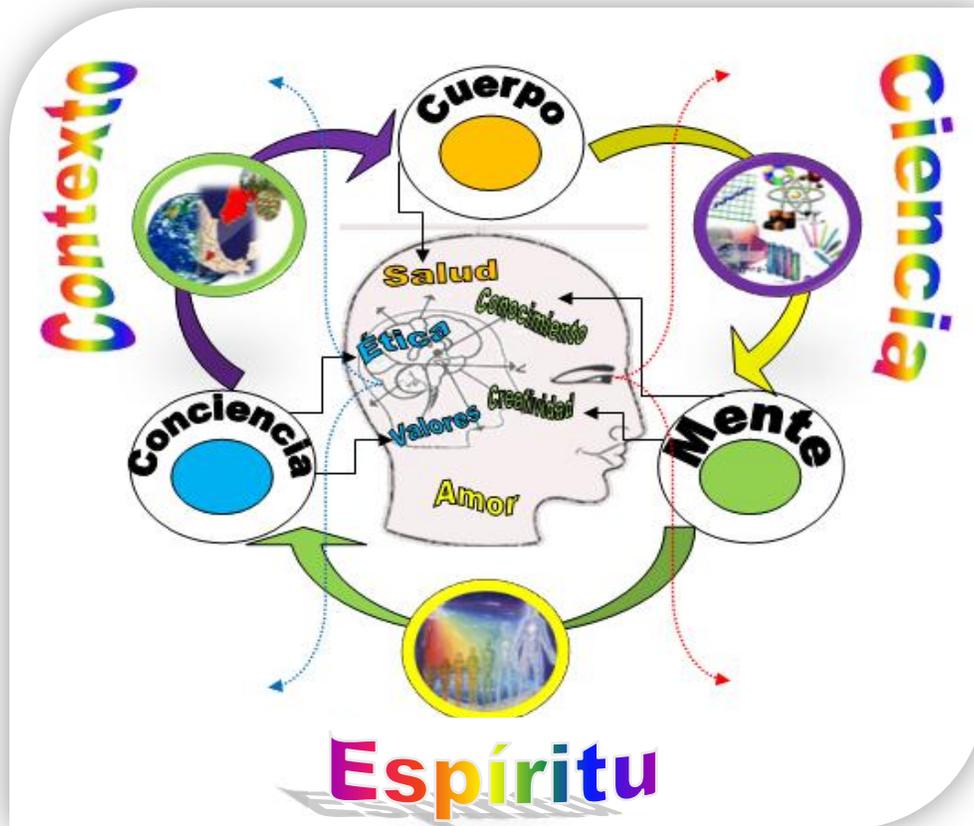


Figura i.1. Sujeto en el proceso de investigación (Elaboración propia, 2011)

ii. Estructura de la Tesis

Esta Tesis está organizada en cuatro capítulos. El primer capítulo presenta un contexto y fundamentos de la investigación para dar al lector un panorama sobre las soluciones planteadas en el mundo, en la aplicación de métodos sostenibles (radiación ultravioleta) aplicada para control de hongos causantes de enfermedades en granos de maíz destinados a la alimentación de los humanos; resaltando los resultados alcanzados, ventajas y desventajas de su uso, demostrando la originalidad de la investigación y la evidencia de la necesidad de ésta en el sector agrícola. Por otra parte se describe el contexto físico, contexto histórico de la sistémica, pasando por los principales personajes sistémicos, metodologías sistémicas, contexto histórico de la calidad sanitaria en los alimentos, métodos para el mejoramiento de la calidad sanitaria, llegando a los métodos físicos como la

luz ultravioleta, y al contexto histórico del maíz. Ya teniendo estos contextos se fundamenta la investigación, con su base científica. Por último, se plantean la justificación, objetivos y las hipótesis a comprobar finalizando con la Tabla de congruencia.

En el segundo capítulo se describe el marco metodológico y teórico con el que se desarrolló la investigación. Donde el marco metodológico se desarrolla desde la perspectiva sistémica - transdisciplinaria para tener una visión global de las necesidades de México y el mundo y ver en qué se puede apoyar. La metodología se dividió en cuatro Fases: Fase I. Investigación de campo, Fase II. Investigación del sujeto que investiga, Fase III. Investigación experimental y la Fase IV. Investigación de impactos en el mundo real. En el marco teórico se describen los conceptos sistémicos que incluyen la transdisciplinariedad, actitud transdisciplinaria y las diferentes disciplinas que sirven de soporte para el diseño de la fase de investigación experimental y para orientar el análisis de los datos obtenidos en las actividades experimentales.

En el tercer capítulo se realiza la aplicación de la metodología planteada en el proceso de investigación, iniciando con la Fase I. Investigación de campo (conocimiento de la situación actual), que permitió identificar la problemática apoyada en la investigación documental y de campo, posteriormente, se pasa a la Fase II. Investigación del sujeto como parte del objeto de investigación, que permite valorar sus actitudes y conocimiento para volver a la investigación experimental Fase III. Donde se desarrollan cada una de las actividades experimentales, detallando introducción, objetivos, hipótesis, materiales y métodos y resultados, donde cada actividad experimental tiene un aprendizaje y conocimiento evolutivo para generar una nueva pregunta de investigación en forma de proceso cibernético para cada experiencia. Finalmente se visualiza la Fase IV. Investigación de impactos en el mundo real y se ve en qué se puede apoyar.

En el cuarto capítulo se enfoca a la discusión y conclusión desde la perspectiva sistémico transdisciplinaria y de cada una de las actividades experimentales desarrolladas en el capítulo tres, finalizando con las perspectivas futuras y productos derivados de la

investigación. En la Figura i.2 se presenta el método para llevar a cabo el desarrollo de la Tesis.

Todo esto con el objetivo de contribuir a mejorar la calidad sanitaria de granos de maíz destinados para la elaboración de tortillas aplicando radiación ultravioleta UV-C, y demostrar las hipótesis planteadas; siguiendo el proceso de investigación en tres fases: investigación de campo, investigación documental e investigación experimental para esta fase de experimentación se utilizaron granos híbridos de maíz proporcionados por investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y de la Universidad Autónoma de Chapingo. Es importante resaltar que todo el proceso de investigación se desarrolló bajo la perspectiva sistémica- transdisciplinaria vinculando diferentes disciplinas e instituciones para el desarrollo experimental como: Cinvestav, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC- UNAM) y la Universidad Autónoma de Chapingo (Figura i.3).

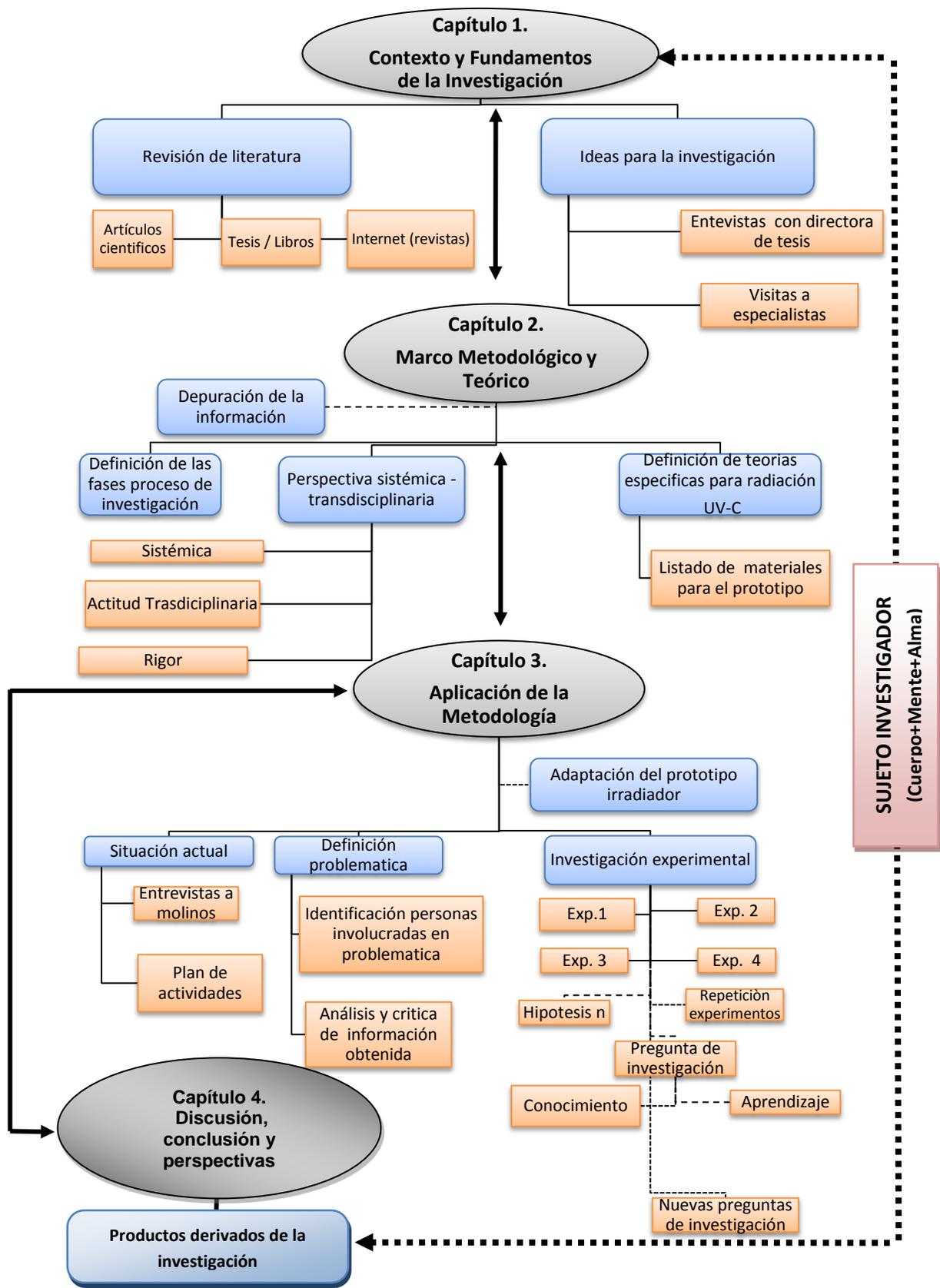


Figura i.2. Método para el desarrollo del trabajo de Tesis (Elaboración propia, 2011)

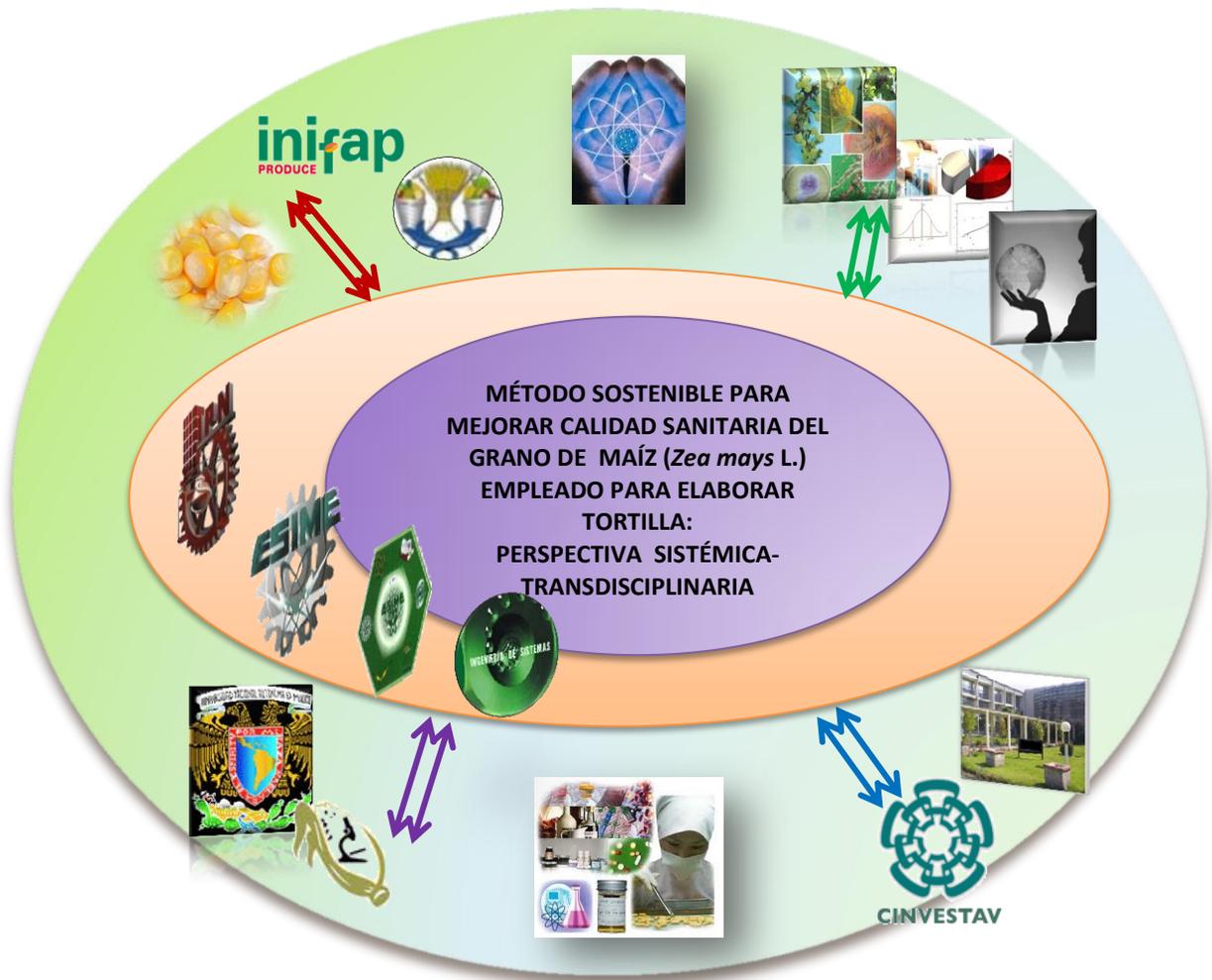


Figura i.3. Visión rica de las disciplinas e instituciones participantes en el desarrollo de la investigación (Elaboración propia, 2011)

Es importante destacar la labor colectiva en la elaboración de esta investigación. Este trabajo de tesis, ha sido fruto de un trabajo sistémico transdisciplinario entre académicos de distintas disciplinas (Sistemas, Física, Biología, Agrícola y la Estadística), e instituciones académicas (ESIME, CINVESTAV, FESC-UNAM, CHAPINGO y el INIFAP), como se observa en la Figura i.3, cuyas realidades difieren en muchos aspectos, pero cuyas visiones coinciden de forma complementaria a la solución de la problemática que abarca esta tesis. Considerando cualidades del pensamiento transdisciplinario: Rigor, Apertura y Tolerancia que han sido pilares decisivos para llevar adelante el presente trabajo de tesis.

*Contexto y Fundamentos de la
Investigación*

"Sólo investigando se aprende a investigar"

Carlos Sabino

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

CONTEXTO Y FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado, se describe el contexto de la investigación, a quién beneficia y hacia qué sector va dirigido; igualmente se detalla el contexto físico, contexto histórico de la sistémica, metodologías y personajes sistémicos a través de la historia, contexto histórico de la calidad sanitaria en los alimentos, métodos para el mejoramiento de la calidad sanitaria, así como los métodos que se han utilizado para mejorarla y las diversas aplicaciones de la luz ultravioleta (UV) de acuerdo a la revisión de literatura científica realizada, y contexto cultural del maíz (*Zea mays* L.). Por último, se plantean la justificación, objetivos y las hipótesis a comprobar y la Tabla de congruencia.

1.1 Contexto de la investigación

Ahora se procede a exponer el tema de investigación en un contexto físico, temporal y cultural.

1.1.1 Contexto físico

Ubicando el tema de investigación dentro del contexto físico, se inicia con el planeta Tierra, pasando al continente americano, para ubicar el país que es México, seguido la ciudad y área conurbada con sus respectiva división política, que contempla localidades de la delegación Gustavo A. Madero y de los Municipios de Texcoco y Cuautitlán Izcalli; ambos del Estado de México. Llevando a cabo la fase de investigación experimental en: 1. El laboratorio de la Unidad de especialización de Granos y Semillas (UNIGRAS), en Cuautitlán Izcalli en el Estado de México; 2. El laboratorio de técnicas fototérmicas, en el Departamento de Física de Estado Sólido del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-Unidad Distrito Federal) y en el Laboratorio Sistémico –Transdisciplinario del Programa de Posgrado en Ingeniería de

Sistemas de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional (Unidad Zacatenco).

La investigación de campo se desarrolló en molinos y tortillerías de la delegación Gustavo A. Madero (GAM) en el Distrito Federal. El material biológico: granos de maíz (*Zea mays* L.) empleados en esta investigación fueron proporcionados por investigadores de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH) y del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Figura 1.0.

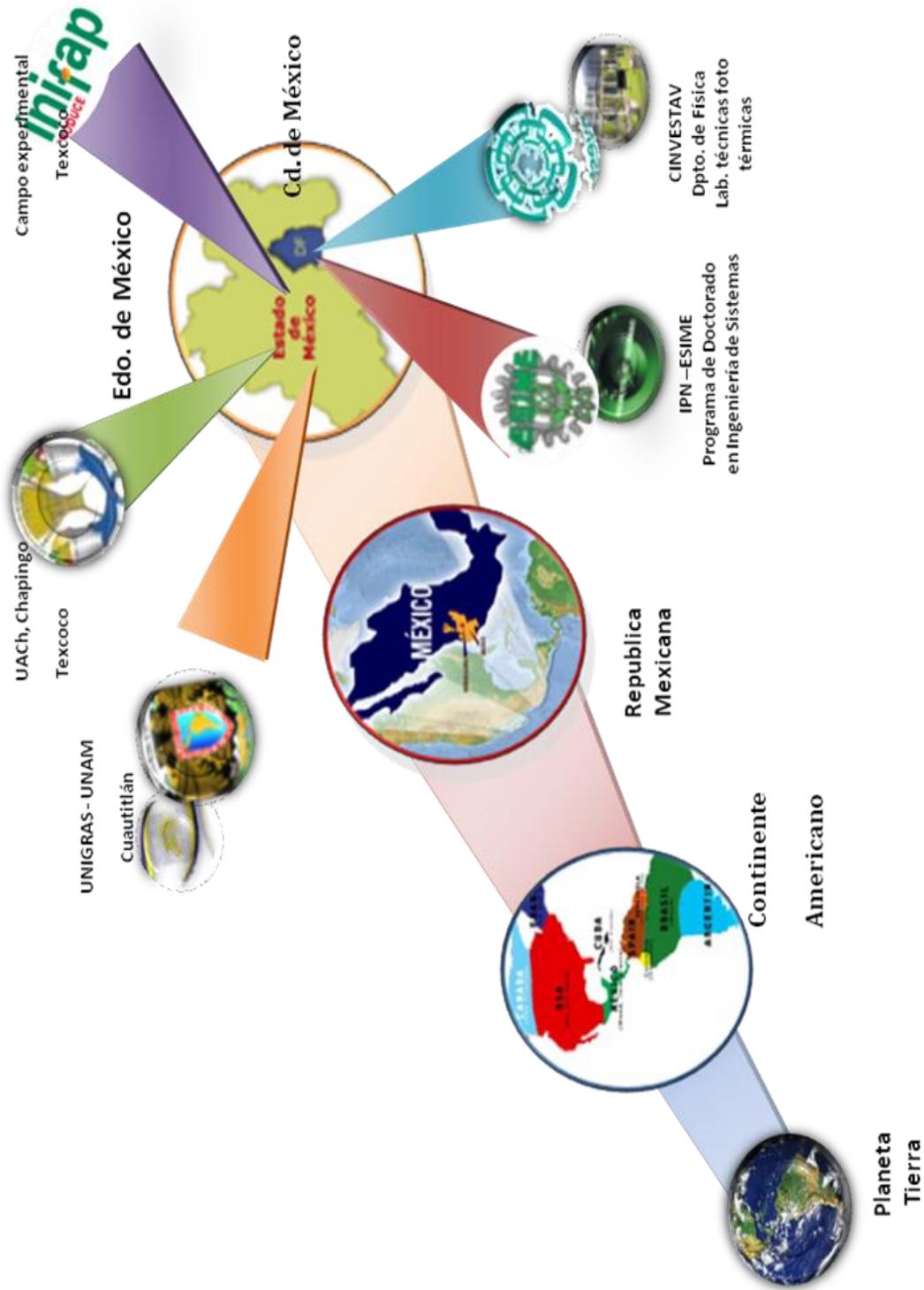


Figura 1.0. Contexto físico: Ubicación de la investigación (Elaboración propia, 2011)

1.1.2 Contexto histórico de la sistémica

El pensamiento sistémico así como la historia de las civilizaciones era parte de la esencia de la filosofía oriental “taoísta chino” que encuentra en el denominado DáoJiao en su tierra de origen. Dao quiere decir (en este contexto) el clásico de la vía y su poder, o del camino y su virtud, entendiendo ésta como (“naturaleza propia”).

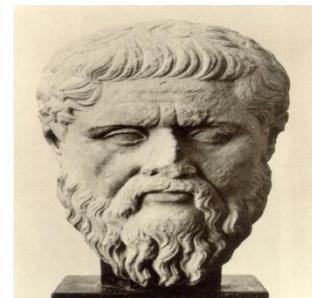


El Jiao a su vez es el vocablo chino para decir religión. El

Taoísmo se desarrolló a partir de un sistema filosófico basado en las escrituras de Lao-Tsé en la antigua china. Donde se desarrollaron los conceptos de universo (Wu-chi o tao), Diferenciación (Yin – Yang), Sistema (Taichi), Ambiente (no- taichi), componentes del sistema (Taxonomía del Yin-Yang), propósito, viabilidad, trascendencia, patología, diagnóstico, restauración del equilibrio (Sanación), etc. (Badillo, 2008).

Los conceptos sistémicos de origen oriental se ven en la dualidad Yin-Yang y en los procesos dialécticos que le dan dinamismo al universo y a todas las cosa (eventos, ideas, conceptos, objetos, etc.) contenidos en él. La dualidad Yin-Yang es equivalente a la dualidad forma-materia y los procesos dialécticos de equilibrio del Ying-yang siguen el modelo de las cuatro causas aristotélicas (Badillo, 2008).

Por otra parte, se considera que la cuna de la civilización occidental fue la Grecia clásica (500 a 300 A.C.) y la influencia de su pensamiento filosófico científico perdura hasta el presente, tal como se advierte en los enfoques o posturas bajo los cuales se estudia el principio y la naturaleza de las cosas. Los filósofos griegos desarrollaron dos grandes teorías sobre la naturaleza del universo, una originada por Heráclito (480 A.C.) quien postula que las cosas reales son los objetos individuales que se experimentan sensorialmente y que las ideas y formas universales son meros pensamientos de la mente (Gaos, 1996).



Otra filosofía fue la originada por dos grandes filósofos, Platón y Aristóteles. En donde la teología Aristotélica, la cual se refiere a

que el “todo es más que la suma de sus partes”, y aunque se tuvieron algunos avances con las aportaciones de Hegel y Marx con la dialéctica. Resulta interesante señalar que la ciencia de sistemas no deriva sus generalidades de una sola fuente de investigación, sino de la visión holística de diferentes pensadores como fue el surgimiento del reduccionismo recomendado por Descartes en 1637, cuya propuesta era fragmentar todo problema en tantos elementos simples y separados como sea posible, que derivó en el método resolutivo de Galileo en donde se reducen los fenómenos complejos a partes y procesos elementales (Bertalanffy, 1967). En el discurso del método, describe el primer planteamiento de la división entre sujeto – objeto, el elemento que origina la variedad de las disciplinas y que pueda tomarse como punto de partida de la interdisciplinariedad a la transdisciplinariedad. El segundo momento podría ubicarse desde la primera guerra mundial hasta los años 30 con esfuerzos aislados sin connotación en el mundo académico; el tercero, desde finales de la segunda guerra mundial hasta el presente (Peñuela, 2005).

Esta tradición filosófica la continúan hasta el presente filósofos y científicos desde Aristóteles hasta Husserl (2005), Heidegger (1996). No obstante, descontentos con los métodos de las ciencias tradicionales, que se valen del esquema mecanicista de vías aislables y el tratamiento merista (división en partes) resultaban insuficientes para afrontar problemas teóricos, especialmente en las ciencias bio-sociales, por tal razón un grupo de científicos, entre los cuales hay que destacar al biólogo Ludwin von Bertalanffy, que introdujo la idea de los organismos como un sistema en sus escritos de 1925 pero esta primera presentación no tuvo mayor impacto dentro del mundo científico sino hasta publicar su primer escrito formal en 1932 *Theoretische Biologie* y en 1950 publica los problemas de la vida, y anexa el ensayo *Teoría de Sistemas Abiertos en Física y Biología*, poniendo de manifiesto que las leyes de los sistemas se manifiestan como analogías, es decir, que se aplican leyes formalmente idénticas a fenómenos totalmente distintos (Lilienfeld, 1984). A partir de las investigaciones de Bertalanffy se desarrolla la cibernética de Wiener (1942), la Teoría de la Información de Shannon y Weaver en (1948), y la teoría de los juegos de Von Neumann (1953) (Bertalanffy, 1995).

La cibernética de Norbert Wiener y Ross Ashby, que en sus orígenes se centraba en el estudio de los mecanismos de regulación en los organismos y en las máquinas. La teoría de la información y de las comunicaciones, de Shannon, Weaver y Cherry que proporcionaron un lenguaje matemático para el manejo de la información y una base formal muy sólida para el estudio de problemas lingüísticos, matemáticos y teóricos relacionados con la transmisión de mensajes. La investigación operativa, de E.C. Williams, originada en Inglaterra durante la II Guerra Mundial e institucionalizada por la Sociedad de Investigación Operativa Americana y la Sociedad de Investigación Operativa de Gran Bretaña. La teoría de juegos, de Von Neumann y Morgenstern, que además se desarrolla paralelamente a la herramienta básica de los sistemistas: el ordenador (Rosnay, 1975).

El enfoque de sistemas se confunde a menudo con alguna de estas teorías, principalmente con la Cibernética y con la Teoría General de Sistemas (TGS) (Rosnay, 1975). La principal diferencia con la cibernética es que el enfoque sistémico es mucho más general y la engloba. Mientras la cibernética es la ciencia del control y la regulación, el enfoque sistémico se ocupa de las características invariantes que existen en los sistemas, aunque no cabe duda de que los conceptos cibernéticos son de primordial importancia para entender cierto tipo de sistemas. La diferencia con la (TGS) es quizá más sutil pero también importante. La (TGS) pretende establecer un formalismo matemático para describir el conjunto de sistemas que existen en la Naturaleza. El enfoque sistémico propone una forma de ver las cosas pero no una visión tan estricta como lo propone la (TGS).

En general, dentro de la conceptualización de sistema, los autores que lo han definido están de acuerdo en que es, un conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos (Johansen, 1999). Cada autor suele interpretarlo según sus propios intereses haciendo hincapié en algún punto concreto de lo que se ha mencionado, principalmente es la Cibernética y la TGS; pero no son puntos de vista excluyentes sino complementarios pues cada uno recoge las soluciones que se dieron a los mismos problemas desde campos diferentes.

1.1.2.1 Sistémicos a través de la historia

En general han sido muchos los autores que han aportado al enfoque sistémico y existen muchos trabajos que aunque sin reconocerlo explícitamente recogen la idea de sistema o emplean alguna de las herramientas de los sistemistas. Se puede decir que ha propiciado importantes avances en el desarrollo de conceptos y teorías menos generales de sistemas aplicables a problemas específicos o a determinadas clases suficientemente amplias de problemas. Para esta investigación trabajaremos con la clasificación según Joël de Rosnay (1975), sobre cómo se desarrolló el enfoque sistémico además de los pioneros en la transdisciplinariedad, la teoría del caos y la complejidad (Figura 1.1).

1.1.2.1.1 Personajes del desarrollo del enfoque sistémico

Norbert Wiener (1894-1964): conocido como el padre de la Cibernética, era un matemático que, partiendo de trabajos del neurofisiólogo Arturo Rosenblueth creador en 1961 del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional, y junto con el ingeniero Julian H. Bigelow, a la vista del comportamiento inteligente que parecían exhibir ciertos mecanismos de control (inteligente porque las decisiones se basan en la experiencia y en las previsiones del futuro) llegó a la conclusión de que en el hombre se dan también estos mecanismos de realimentación que permiten controlar la acción y se dedicó a estudiar estos mecanismos de realimentación. Norbert, al fundar la cibernética, una filosofía general de la tecnología. Para esto, Wiener se propuso reunir teóricamente y de forma lógica un conjunto de conocimientos disciplinarios dispares o, en sus propias palabras, explorar “una tierra de nadie entre varios campos establecidos [...], las regiones en los linderos de la ciencia” (1949, p. 8). Desarrollada en la próspera era de investigación que siguió a la Segunda Guerra Mundial, la *cibernética* fue definida como el estudio teórico de los procesos de comunicación y de control en sistemas biológicos, mecánicos y artificiales. Fundamentalmente, la cibernética consiste en una ciencia de las leyes generales de la comunicación, aplicadas a una diversidad de entidades, en la cual el concepto de información ocupa un lugar privilegiado

en las formas de comprender al ser humano y sus relaciones con el ambiente (Breton, 2000).

Warren McCulloch (1898-1969): neurofisiólogo que trabajaba con Rosenblueth, tomó y empezó a utilizar indistintamente el vocabulario de la ingeniería y de la biología creándose la "jerga" cibernética: aprendizaje, regulación, adaptación, autoorganización, percepción, memoria, etc. Influenciado por Bigelow, McCulloch desarrolla una retina artificial, trabajo en el que colaboran Lettvin, Pitts y Maturana. La necesidad de que las máquinas realicen procesos típicos de los seres vivos acelera la investigación sobre los mecanismos cerebrales. Es el nacimiento de la Biónica, la Inteligencia Artificial y la Robótica (Webster, 2006).

Ludwig von Bertalanffy (1901-1972): biólogo, reconocido por fundador de la teoría general de sistemas, por su insistencia en la creación de un cuerpo teórico partiendo de todas las ideas que iban apareciendo en su momento sobre sistemas en diferentes campos y que consideraba podían agruparse bajo una única disciplina. Sus formulaciones relacionadas con el concepto de sistema abierto fueron las primeras en introducir la idea de sistema como un movimiento científico, basándose primordialmente en la biología donde sostenía que el problema fundamental era encontrar las leyes de sistemas biológicos donde hay subordinación de las partes y los procesos componentes. Conceptos como el orden, la regularidad y el auto mantenimiento paralelos al cambio continuo y la regulación son muy difíciles de explicar desde la física o las matemáticas y para Bertalanffy sólo podrían explicarse utilizando nuevos marcos conceptuales (Lilienfeld, 1984).

En 1947 Bertalanffy afirmaba: "existen modelos, principios y leyes aplicables a sistemas generalizados o a subclases suyas independientemente de su naturaleza, del carácter de los elementos componentes y de las relaciones o "fuerzas" existentes entre ellos. Postulamos una nueva disciplina llamada Teoría General de Sistemas" (Bertalanffy, 1979). Esta Teoría General de Sistemas surge, según Bertalanffy, de las siguientes consideraciones (Aracil, 1987):

- a. Existe una tendencia general hacia la integración en todas las ciencias, tanto naturales como sociales;
- b. Esta integración puede centrarse en una teoría general de sistemas;
- c. Esta teoría puede ser un medio importante para conseguir una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia;
- d. Esta teoría conduce a la unidad de la ciencia, al desarrollar principios unificadores que integran, verticalmente, el universo de las ciencias individuales;
- e. Todo ello puede conducir a una integración, ampliamente necesitada, en la educación científica.

James Grier Miller (1916 - 2002): biólogo americano, un pionero de la ciencia de sistemas, quien contribuyó sustancialmente al desarrollo de la ciencia del comportamiento y la integración de las disciplinas a través de la teoría general de sistemas, permaneciendo activamente en estas áreas a lo largo de su vida laboral. Desde sus primeros trabajos sobre el cerebro humano en la década de 1940, Miller trabajó durante más de 60 años dentro de los círculos influyentes de fomentar una amplia gama de nuevos emprendimientos. En 1949, como Presidente del Departamento de Psicología de la Universidad de Chicago, fundó el nuevo campo de la ciencia del comportamiento, dedicada a la integración teórica de las ciencias biológicas y sociales, mediante el establecimiento de la influyente Comisión de Ciencias del Comportamiento. En 1955, recibió fondos del Estado de Michigan para configurar la Salud Mental en el Instituto de Investigación de la Universidad de Michigan, y en 1967, se convirtió en Presidente de la Universidad de Louisville, donde estableció un Instituto de Ciencia de Sistemas. Su integración global de las ciencias, en los sistemas vivos (1978), sigue siendo central para el estudio de los sistemas de vida y de muchos otros campos de la investigación y la práctica dentro de la comunidad sistémica (Hammond, 2003).

Jay Wright Forrester (1918): es considerado el padre de la Dinámica de Sistemas, una disciplina reciente que representa una extensión a toda clase de sistemas complejos de conceptos aplicados originalmente en ingeniería. La aportación personal de Forrester

incluye la aplicación a problemas del campo de las ciencias sociales, inicialmente a través de la modelización de la organización empresarial. Forrester es también el autor de una de las formalizaciones más empleadas en la formulación de modelos cibernéticos, el llamado diagrama de Forrester (Forrester, 1972).

Russell L. Ackoff (1919): Arquitecto, con su posición filosófica paradigmática logró encontrar soluciones a los problemas de interacción hombre-máquina por medio de métodos de Investigación de Operaciones, (IO) y de administración humanista, mismos con los que realiza una integración entre la Ingeniería y la Investigación de Operaciones que caracteriza a la ciencia sistémica como el proceso de indagación para contestar preguntas, resolver problemas y desarrollar procedimientos más efectivos, por ello constituye así un sistema en el que se interrelacionan los aspectos sociales y tecnológicos (Ackoff, 1999).

Anthony Stafford Beer (1926- 2002): teórico británico, académico, y consultor, conocido por su trabajo en los campos de la investigación operacional y cibernética organizacional. Creador del “Modelo de Sistemas Viables” ha desarrollado un conjunto de leyes las cuales permiten el establecimiento de los mecanismos necesarios para la creación, diagnóstico y diseño de estructuras eficaces para la participación de las personas, los equipos y los procedimientos desde el punto de vista de los procesos de organización y control (Stafford, 2002).

Peter Checkland (1930): es un científico británico de gestión y profesor de Sistemas en la Universidad de Lancaster. Él es el promotor de la metodología de sistemas blandos o suaves (MSB): una metodología basada en un modo de la teoría de sistemas (Checkland y Scholes, 1994). Desde 1972, Checkland comenzó a señalar la necesidad de desarrollar métodos apropiados para los sistemas suaves y a empeñar su esfuerzo en definir uno, explícito que para ello se basó en la investigación acción entre otros conceptos. Los resultados de su esfuerzo los sintetiza y concretiza en su libro de 1981 en el que describe su metodología de sistemas suaves, cuyas fases lo desarrollaremos más adelante. Reconociendo la importancia de la relación entre filosofía y método, Checkland elaboró

todas las bases necesarias para su método. Determinó que su metodología satisfacía las características que Churchman atribuye a los aspectos de indagación del pragmatismo experimental. Definió también que su método se relaciona con los trabajos sobre sistemas apreciativos con los que Sir Geoffrey Vickers desarrolló su teoría para describir y explicar los procesos que caracterizan los sistemas sociales, inconforme en considerar al individuo y los grupos sociales como simples entes que buscan sólo alcanzar metas, actuando como máquinas (Checkland, 2000).

Siguiendo con la transdisciplinariedad, una concepción mucho más reciente. La propia complejidad del mundo en que vivimos nos obliga a valorar los fenómenos interconectados. Las actuales situaciones físicas, biológicas, sociales y psicológicas no actúan sino interactúan recíprocamente. Y entre sus iniciadores se encuentran *Eric Jantsch*, *Jean Piaget*, *André Lichnerowicz*, *Edgar Morín* y actualmente el *Dr. Basarab*.

Erich Jantsch (1929–1980): pensador Austriaco que vivía en California, cae en la trampa de definir la Transdisciplinariedad como una hiperdisciplina. Él escribe que la transdisciplinariedad es “la coordinación de todas las disciplinas e interdisciplinas del sistema de enseñanza e innovación, basada en una perspectiva de una axiomática común”. Él sitúa claramente la transdisciplinariedad en el marco de la disciplinariedad. No obstante, el mérito histórico de Jantsch fue subrayar la necesidad de inventar un enfoque axiomático para la transdisciplinariedad y también el de introducir valores en este campo de conocimiento (Jantsch, 1972).

Jean Piaget (1896-1980): psicólogo experimental, filósofo, biólogo suizo creador de la epistemología genética y famoso por sus aportes en el campo de la psicología evolutiva, sus estudios sobre la infancia y su teoría del desarrollo cognitivo. Nacido en Ginebra. Iniciador de la Transdisciplinariedad junto con *Eric Jantsch*, *Edgar Morin* y *Basarab*. Creador de textos clásicos como: *Tendencias de investigación en las ciencias sociales y humanas* (Piaget, 1975).

Piaget se declara valerosamente en contra del positivismo que aún predomina en las ciencias universitarias más todavía en Europa que en América, así como contra la finalidad y la estructura de la universidad; conduce su disertación de un mundo de hechos empíricos hacia otro de relaciones inteligibles, y hace del estudio de las interacciones estructurales el centro de la actividad científica. Este pensamiento es fascinante porque extiende el concepto de sistemas-que me parece incluso más rico que las "estructuras" del profesor Piaget-de los dominios biológicos y sociales a la ciencia en general. Paralelamente a esta noción de la ciencia en tanto que sistema, emite la hipótesis de que la objetividad no reside en los hechos, sino en las relaciones que se encuentran en la realidad. Esta es también la base sobre la que se ha establecido la teoría de sistemas (Piaget, 1975).

André Lichnerowicz (1915-1998): matemático francés, es radicalmente matemático. Él ve la transdisciplinariedad como un juego transversal, a fin de describir “la homogeneidad de la actividad teórica en diferentes ciencias y técnicas, independientemente del campo donde la actividad es efectuada”. Y, por supuesto, esta actividad teórica puede ser formulada para él sólo en lenguaje matemático. Lichnerowicz escribe: “El ser es puesto entre paréntesis y es precisamente este carácter no ontológico el que confiere a las matemáticas su poder, su fidelidad y su polivalencia.” El interés de Lichnerowicz por la transdisciplinariedad fue accidental, pero su énfasis acerca de un carácter no-ontológico debe ser recordado. Lichnerowicz estaba desilusionado del hecho de que su programa matemático en transdisciplinariedad no fuera llevado a cabo, un hecho que él mismo confirmó en 1992 en la Sesión Plenaria de la Pontificia Academia de Ciencias en el Vaticano (Berger *et al.*, 1999).

Edgar Morín (1921): es un filósofo y sociólogo francés de origen judeo-español (sefardí). Para Edgar Morín, la complejidad responde al principio de unidad en diversidad (Morín, 1997). Propone llevar el pensamiento sistémico a pensamiento complejo por diversas vías: a través de la física, de la antropología y de la sociopolítica principalmente. Es un pensamiento organizacionista cuando hace emerger organizaciones conceptuales (macroconceptos) donde sólo hay conceptos aislados que desvirtúan la comprensión de lo real (Morín, 1997).

El pensamiento de Morín, está basado en la idea de las *tres teorías*, en la cual, argumenta que todavía estamos en un nivel *prehistórico* con respecto al espíritu humano y solo la *Complejidad* puede civilizar el conocimiento. En ella se puede adentrar en el desarrollo de la naturaleza humana multidimensional, la lógica generativa, dialéctica y arborescente, del cual cuando el universo es una mezcla de caos y orden; a partir del concepto y práctica de la *Auto-eco-organización*, el sujeto y el objeto son partes inseparables de la relación autorizador-ecosistema (Morín, 1997).

Además introduce en la ciencia, conceptos que estaban en pausa para aplicarlos a su pensamiento (aleatoriedad, información en el ambiente y sujeto con su creatividad) y ver los fenómenos integrados en el énfasis de las emergencias e interacciones y no en las sustancias. Pese a la similitud semántica no se puede considerar que sus ideas entronquen con la matemática de la complejidad.

El pensamiento de Morín conduce a un modo de construcción que aborda el conocimiento como un proceso que es a la vez, biológico, cerebral, espiritual, lógico, lingüístico, cultural, social e histórico, mientras que la epistemología tradicional asume el conocimiento sólo desde el punto de vista cognitivo. Este nuevo planteamiento tiene enormes consecuencias en el planteamiento de las ciencias, la educación, la cultura, la sociedad. En la teoría del Pensamiento Complejo, ideada por Morín, se dice que la realidad se comprende y se explica simultáneamente desde todas las perspectivas posibles. Se entiende que un fenómeno específico puede ser analizado por medio de las más diversas áreas del conocimiento, mediante el "Entendimiento transdisciplinar", evitando la habitual reducción del problema a una cuestión exclusiva de la ciencia que se profesa (Morín, 1997).

Basarab Eftimie Nicolescu (1942): físico teórico del Centro Nacional de Investigación Científica. Nacido en Rumania en 1942 y nacionalizado francés en 1975. Doctor en Física por la Universidad de París. Es el principal promotor de la perspectiva Transdisciplinaria. Director del Centro Internacional de Estudios Transdisciplinarios (CIRET) e investigador del Centro Nacional de Investigación Científica de la Universidad de Paris. Cofundador con René Berger del grupo de reflexión sobre transdisciplinariedad en la UNESCO. En

1994 Organizador junto con RB del primer Congreso Mundial de Transdisciplinariedad en Portugal- aquí se elaboró la Carta de la Transdisciplinariedad.

Autor de una gran cantidad de libros y artículos en revistas científicas internacionales, ha hecho numerosas contribuciones a la ciencia antologías y participó en varias escenas de radio francés y documentales multimedia en la ciencia. También es un especialista en la teoría de partículas elementales.

Ha contribuido a la reflexión profunda del papel de la ciencia en la cultura de hoy en día (Hernández 2009, 2010 y 2011: notas de clases).

El Dr. Basarab, nos dice que: *“Hoy en día, la perspectiva transdisciplinaria es redescubierta, develada y utilizada a una velocidad fulminante como consecuencia de un acuerdo de necesidad con los desafíos sin precedentes del mundo problematizado en el que vivimos y que es el Nuestro. No hace mucho tiempo se proclamaba la muerte del hombre y el fin de la historia. La teoría transdisciplinaria nos hace descubrir la resurrección del sujeto y el comienzo de una nueva etapa en nuestra historia. Los investigadores transdisciplinarios aparecen cada vez más como encausadores de la esperanza”*.

Ken Wilber (1949): es un escritor estadounidense cuyos intereses versan principalmente sobre psicología, religiones comparadas, historia, ecología y misticismo. Nacido en Oklahoma City, se le conoce como el filósofo de la conciencia. Su trabajo se centra principalmente en distintos estudios sobre la evolución del ser humano y en su interés por promover una integración de la ciencia y la religión, según experiencias de meditadores y místicos, analizando los elementos comunes a las tradiciones místicas de oriente y occidente (Grinberg, 2005).

Su pensamiento está influido por pensadores como Nāgārjuna, Huston Smith, Ramana Maharshi, Jürgen Habermas, Jean Gebser y Teilhard de Chardin (con quien comparte la intención de crear una teoría que unifique a la ciencia, el arte y la moral), Platón, Hegel y el budismo. Establece una jerarquización de los distintos ámbitos de la realidad, incluyendo sociedades, visiones del mundo, niveles de conciencia, modelos políticos, etc.,

desplegándose en cuatro cuadrantes (el interior-individual, el interior-colectivo, el exterior-individual, y el exterior-colectivo) (Ken, 1985).

En los últimos años ha relacionado su teoría integral con el modelo de la dinámica espiral, desarrollada por Don Beck y Christopher Cowan, denominando Memes (memes de valor) a los distintos niveles de desarrollo, asignándoles un color diferente a cada uno (Grinberg, 2005).

Autores de la teoría del caos y complejidad

Edward Norton Lorenz (1917–2008): fue un matemático y meteorólogo estadounidense, pionero en el desarrollo de la teoría del caos. Fue quien introdujo el concepto de atractores extraños y acuñó el término *efecto mariposa* (Moreno, 2004).

El concepto de caos (como comúnmente lo conocemos) también lo define el observador y él es quien fija los criterios para identificar el momento en la que una situación puede ser llamada caótica. Estos patrones con los que cuenta el observador para definir si una situación es caótica o no son referidos en un apunto del libro *Introducción a la Teoría de Sistemas* de Niklas Luhmann (1996) donde se acota lo siguiente: “La observación no se desarrolla de manera arbitraria, dado que la teoría de los sistemas cerrados autopoiéticos parte del supuesto fundamental de que la operación de los sistemas, al estar determinada estructuralmente, depende de su estructura y de su pasado”.

Partiendo del significado de caos resulta fácil comprender por qué la palabra se utilice indistintamente ante situaciones complejas (siempre desde el punto de vista del observador u observadores). Sin embargo, los términos caos y complejidad se manejan indistintamente.

Complejidad: algo difícil de resolver, que implica un reto afrontarlo.

Caos: algo imposible de entender por la dinámica de variables que participan en la situación.

En el caso de la Complejidad, ya es comprendida, y en el caso de la definición de Caos se puede podemos mencionar que últimamente se está desarrollando una corriente, llamada,

intelectual que aún no puede ser reconocida absolutamente como ciencia, pero que gracias a la ayuda de la computadora y otro tipo de tecnologías comienza a emerger. Como menciona Moisés José Sametban (1994). “A diferencia de lo que ocurre en otros campos de la física, como la mecánica cuántica, las investigaciones sobre partículas fundamentales que constituyen la materia o las teorías sobre el origen del universo, se está intentando aplicar esta “ciencia del caos” a muchos eventos vinculados directamente con la experiencia humana habitual, y explicar así fenómenos tan disímiles como las arritmias en el funcionamiento del corazón, o aspectos de la economía como las fluctuaciones de la bolsa de valores, o también la aparición de la vida sobre la Tierra, además del comportamiento de los sistemas físicos dinámicos con un número elevado de componentes como pueden ser la atmósfera o un líquido en estado turbulento” (Combs *et al.*, 1992).

El desarrollo de la Teoría de Caos, emerge en los momentos en los que por el alto nivel de complejidad que guardan los sistemas en los que estamos inmersos, es imposible tratar de establecer relaciones causales entre eventos. Al igual que las teoría de sistemas suaves y de sistemas vivientes, los principios de la Teoría de Caos describen el comportamiento dinámico de sistemas y no tanto de relaciones causales, lo cual se torna imposible de medir, apoyando en esta aseveración el principio de Heisenberg el cual menciona que es imposible establecer la velocidad y la trayectoria que sigue una partícula simultáneamente (Briggs y Peat, 1994).

La dinámica de los sistemas impide observar a cada variable, el total de las interacciones y su dinámica simultáneamente, por ello se debe basar el estudio de organizaciones en sistemas y campos y entender su conducta a través de modelos. Esa es la ventaja de la Teoría de Caos, que a través de patrones y principios sencillos explica la dinámica compleja y turbulenta de los sistemas (Marks, 1995).

El Origen del Caos. El concepto de Caos ha estado presente en prácticamente toda la historia de la humanidad, a través de las leyendas que han acompañado a las distintas civilizaciones antiguas. Como mencionan Briggs y Peat (1994) “Los pueblos antiguos creían que las fuerzas del caos y el orden formaban parte de una tensión inestable, una

armonía precaria. Pensaban que el caos era algo inmenso y creativo”. “En una historia cosmogónica china un rayo de luz pura, yang, surge del caos y construye el cielo mientras la pesada opacidad restante, yin y yang, configura la Tierra. Yin y yang, el principio femenino y masculino, luego actúan para crear las 10,000 cosas (en otras palabras todo).

Significativamente, se dice que los principios de ying y yang, aun después de haber emergido, conservan las cualidades del caos del cual surgieron. Un exceso de ying o de yang nos devolvería al caos”.

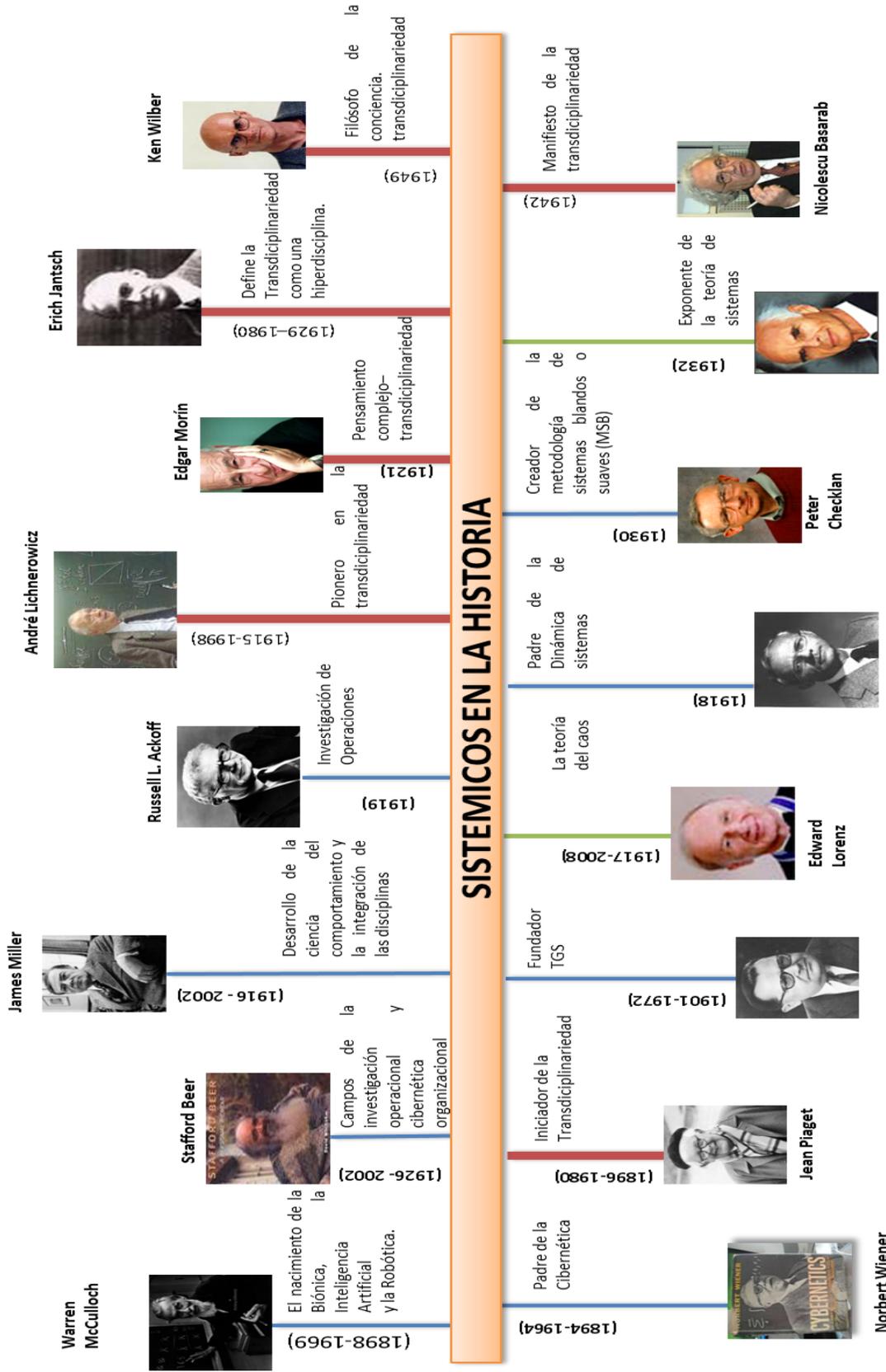


Figura 1.1. Sistémicos en la historia (Elaboración propia, 2011)

1.1.2.2 Metodologías sistémicas en la historia

El empleo de las metodologías sistémicas, es un punto que invariablemente va a permitir dar la congruencia y participación oportuna de las disciplinas participantes, con el objetivo de establecer una exploración del problema para desarrollar o seleccionar un procedimiento apropiado en la solución al caso de estudio (problema). Otra ventaja del enfoque sistémico, se orienta a realizar una predicción y control de los eventos que pueden presentarse, ya que el empleo de las metodologías sistémicas permite enfatizar en la regulación o cambio radical de la organización si así se requiere (ver Tabla 1.1.).

Cuando se habla de problemas, se hace referencia de los “duros” hasta lo “suaves”, donde los problemas duros se relacionan sólo con situaciones en las que se preguntan “cómo” y los problemas suaves son combinaciones complejas de situaciones en que se pregunta “qué” y “cómo”. El estudio y desarrollo de los sistemas suaves es promovido en los años setentas, como una intención original holística, interdisciplinaria, experimental. El trabajo de los pensadores sistémicos como: Churchman, Mason, Mitroff, Ackoff, y Checkland es considerado representativo de los sistemas suaves.

Es importante hacer la distinción entre sistemas duros y/o suaves a la hora de abarcar una metodología. La metodología no es un método o técnica. Necesita ser más flexible que cualquiera de ellos en términos de aplicación, si va hacer adecuada a las diferentes inquietudes que existen en la realidad. Una técnica se caracteriza mediante guías definidas con precisión. En la aplicación de una metodología puede incluir el uso de técnicas, pero es la metodología la que determina si una técnica en particular es adecuada o no. El proceso de resolver un problema (Brian, 1993) Figura 1.2.

Tabla 1.1. Metodologías sistémicas (Elaboración propia, 2011)

METODOLOGÍA	FASES	OBSERVACIONES
<u>Metodologías para la investigación de problemas “Duros”</u>		
<i>Análisis de sistemas Hall para el proceso de ingeniería de sistemas (estratégica).</i> (Hall, 1692)	Definición del problema (pirámide de las necesidades) Elegir los objetivos (diagnóstico-diseño) Síntesis del sistema (alternativas) Análisis del sistema (criterios) Seleccionar el sistema óptimo (Evaluar las alternativas) Planear la acción	Ambas metodologías tienen el enfoque de sistemas aunque ninguna de ellas toma la definición básica que un sistema sea más que la definición general, por ejemplo las interconexiones.
<i>Análisis de sistemas RAND</i> (Quade y Boucher, 1968).	Formulación (la fase conceptual) Investigación (la fase de investigación) Valuación (la fase analítica) Interpretación (la fase decisiva) Verificación (la fase científica) la validación de la problemática.	
<i>De Jenkins</i> (Box y Jenkins, 1976).	Análisis de los sistemas Diseño de los sistemas (mejoramiento) Implementación Operación	Esta metodología intenta ser tanto sistemática como de sistemas. Aunque los conceptos de sistemas son sólo un subconjunto pequeño de lo que hoy se conoce como el modelo formal de sistemas. Haciendo la suposición de que el sistema existe en el mundo real.
<i>Metodología Sistémica-Transdisciplinaria</i> (Hernández Domínguez, 2011)	Fase I. Investigación de campo Fase II. Investigación del sujeto Fase III. Investigación experimental Fase IV. Investigación de impactos	Esta metodología tiene un enfoque sistémico para ver la problemática de campo, además maneja el enfoque científico para la investigación experimental y la parte transdisciplinaria que involucra al sujeto como parte de la investigación y ve en que puede apoyar a la sociedad.
<u>Metodologías para la investigación de problemas “Suaves”</u>		
<i>Churchman’s Social Systems Design</i> , es un análisis filosófico difícil de resumir. (Jackson, 1951).	Tesis Antítesis Síntesis	Es el autor quien plantea una comprensión distinta de objetividad/subjetividad.

METODOLOGÍA	FASES	OBSERVACIONES
<p><i>Mason and Mitroff's</i>, SAST, su atención se centra entre los participantes involucrados en la situación problema, y no en las supuestas (Jackson, 1951).</p>	<p>Formación de grupos Supuesto de la superficie Debate dialéctico Síntesis.</p>	<p>El SAST, es diseñado para el uso de los sistemas complejos de alta interdependencia en los problemas, donde la formulación y estructuración del problema asume la importancia de la solución del mismo empleando técnicas convencionales.</p>
<p><i>Ackoff's Social Systems</i>, cuya primer herramienta es la planeación interactiva, la cual considera que el futuro puede ser afectado por las organizaciones y las partes interesadas, y son ellas mismas las que proponen alternativas para el cambio en el sistema o en el ambiente (Jackson, 1951).</p>	<p>Los tres principios que rigen esta metodología son: Planeación Continuidad Holística</p>	<p>Tiene la interdependencia de varias partes y niveles del sistema como es posible.</p>
<p><i>De Checkland</i>, se infirió en forma experimental y representa la destilación del aprendizaje alcanzado en un gran número de proyectos de "investigación de acción" (Checkland, 1994).</p>	<p>Situación del problema no estructurado. Situación del problema expresado. Definiciones raíz de los sistemas relevantes. Modelos conceptuales Concepto del sistema formal. Consideración de otros sistemas. Comparación de 4 con 2. Definición de los cambios deseables factibles.</p>	<p>Esta metodología se basa en el paradigma del aprendizaje. Que emplea el concepto de un sistema de actividad humana como un medio de conseguir tanto "investigar" la situación como de "efectuar acciones" para mejorarlas.</p>
<p><i>De Hazan Ozbeckhan</i>", contiene seis fases de planeación. (Mercado, 2002).</p>	<p>Diagnóstico (problemática ¿Qué?) Tendencias ¿hacia dónde? Futuro lógico (la proyección de referencia y futuro lógico) Diseño de fines ¿Hacia dónde? Diseño estratégico ¿Cómo? Diseño organizacional es decir el ¿Con qué? Evaluación de lo realizado</p>	<p>Esta metodología se le pueda conceptualizar como un sistema de actividad humana que a la vez lo ubica como un sistema suave de acuerdo a Hazan Ozbeckhan.</p>

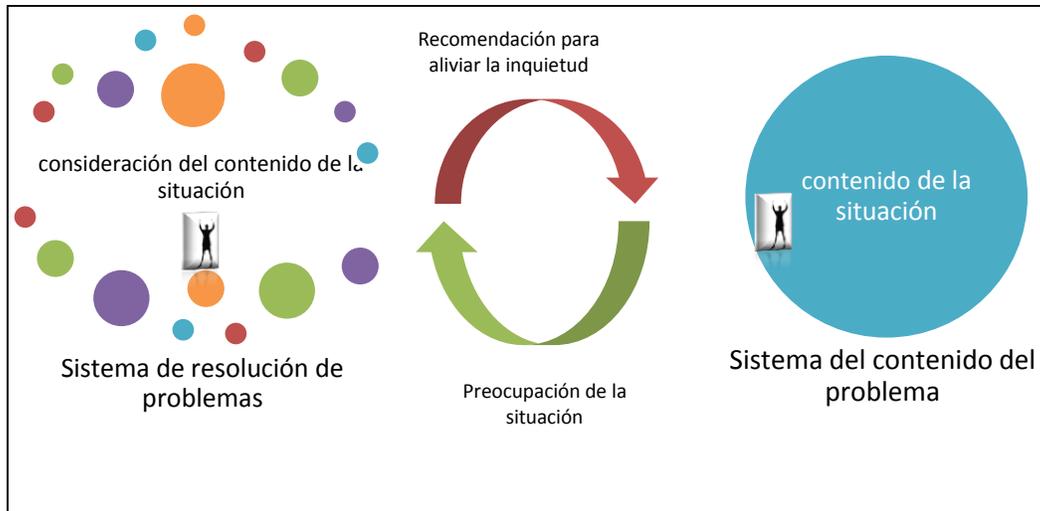


Figura 1.2. Visualización de la resolución de problemas (tomado y adaptado de Brian, 1993)

En la Figura 1.3 se hace una distinción entre la actividad en el mundo real o sea la situación y la actividad relacionada con el pensar en el mundo real. La última se relaciona con la reacción o preocupación del sujeto que tiene un problema en el mundo real y la va a realizar quien resuelve el problema. Haciendo énfasis en que es una distinción intelectual de quien tiene el problema y quien resuelve el problema ocupan ambos roles al mismo tiempo. Esto permite ver en la actividad misma la resolución del problema, como un sistema de actividad humana es un sistema para transformar la entrada (un problema relacionado con alguna situación) en la salida (recomendación para resolver ese problema). Con base en esa visión se puede definir un sistema de resolución de problemas, orientado hacia estos, para transformar una declaración de preocupación respecto a una situación en recomendaciones que alivien y que sean aceptables para quien tiene el problema (Brian, 1993). Metodología de los sistemas “duros”, cuando la preocupación es por ejemplo de la optimización o diseño de la planta, o lenguaje matemático.

1.1.3 Contexto histórico-cultural

En este apartado se describen el contexto histórico de la calidad sanitaria de los alimentos, los métodos de mejoramiento de la calidad sanitaria y el contexto temporal del maíz.

1.1.3.1 Contexto histórico de la calidad sanitaria en los alimentos

La Bromatología, viene del griego “*Beopos*” que quiere decir “Alimento” y se relaciona con ciencias como la química, la biología y la física; igualmente con la nutrición, la bioquímica, la farmacología y la toxicología (Gutiérrez, 2000). Abarca el estudio de las sustancias alimentarias en los siguientes aspectos (Vollmer *et al.*, 1999):

- Composición y propiedades nutricionales de los alimentos naturales, procesados y sus adulteraciones.
- Estándares de higiene, y calidad fisicoquímica incluyendo la organoléptica.
- Cambios químicos y bioquímicos producidos durante la manipulación, industrialización, almacenamiento (pérdidas en vitaminas, minerales, desnaturalización de proteínas), etc.
- Mejoramiento de los alimentos con respecto al color, olor, sabor, textura, valor nutritivo y funcionalidad.
- Legislación concerniente al control de calidad y el etiquetado.

La Bromatología como ciencia puede remontarse a los propios inicios de la historia del hombre, en el intento de éste por conseguir alimentos que satisfagan sus necesidades nutritivas (Sanz, 2009). Por otro lado, si la alimentación es consustancial con la especie humana, las normas higiénicas, más o menos elementales, van necesariamente unidas a ésta. Esta dependencia del suministro alimenticio obligó al hombre a profundizar en el estudio de los alimentos, siendo éste el punto de partida de su evolución histórica (Figura 1.4), que puede ser considerada bajo dos etapas básicas como es la época empírica y la época científica (Gutiérrez, 2000).

En la época empírica: Es donde las primeras prácticas de higiene alimentaria las realizó el hombre primitivo cuando aprendió a distinguir aquellos alimentos tóxicos o contaminados que, como indicaba Hipócrates, su consumo era con frecuencia causa de disturbios gastrointestinales (Rhodes ,1985). De hecho, tal vez fuese la mujer, que en épocas primitiva era la encargada de la recolección de frutos y bayas para la alimentación,

la primera en realizar un control de los alimentos, diferenciando de forma intuitiva los alimentos dañinos de los que no lo eran y estableciendo una relación causa-efecto entre la ingestión de un alimento determinado y el malestar digestivo producido al cabo de cierto tiempo (Quintin, 1999).

Destacan las civilizaciones egipcias, griegas y romanas que ya elaboraron alimentos como el pan, vino, aceite de oliva, queso, cerveza, miel, aplicaron técnicas de salazón y ahumado para la conservación de pescados y carnes y produjeron conservas de alimentos, tanto en vinagre como en salmuera. De hecho, existen referencias históricas del antiguo Egipto sobre prácticas de inspección de la carne, encomendadas a las castas sacerdotales que ejercían la medicina en los templos (Parisier, 1975). También, entre los pobladores de las regiones del Tigris y Eufrates, las prácticas de higiene de los alimentos eran de exclusiva misión sacerdotal.

Más recomendaciones higiénico-sanitarias se encuentran en preceptos religiosos de otras civilizaciones. El *Libro de Manú* (500 años A.C.), fundamento del comportamiento religioso de los brahmanes de la India, indica cómo debe realizarse la carnización de los animales y el faenado de su carne. En el *Corán* (644 años D.C.) se menciona *”os está vedada la carne mortecina, la sangre, la carne de cerdo, la del animal sobre el que se haya invocado un nombre diferente del de Dios, la del animal muerto a palos, de una caída, de una cornada, la del devorado parcialmente por las fieras, incluso si aún lo sacrificáis vosotros, la del inmolado en piedras erectas”* (versículo 5.3).

En la Edad Media, los gremios profesionales de las grandes ciudades de Europa Central fueron los principales responsables de la regulación del comercio, destacando los gremios de carniceros, pescaderos y panaderos que promulgaron reglamentos para impedir las adulteraciones de los alimentos. Otro aspecto importante a considerar son las consecuencias del descubrimiento de América en relación a la incorporación de nuevos alimentos y la necesidad de cargar las bodegas de los barcos con víveres duraderos para las grandes expediciones (Losana, 1994).

Durante esta época, los conocimientos sobre Higiene, Inspección y Control Alimentario se basaban en las creencias religiosas y en las conclusiones obtenidas de la observación y experiencia. Esto supone una inspección de alimentos empírica, poco científica y en numerosas ocasiones no exenta de supersticiones.

Etapa científica: Para tener una visión general sobre la influencia de los conocimientos científicos en el desarrollo histórico de la Higiene, Inspección y Control Alimentario, se comentará brevemente aquellas investigaciones más interesantes en los distintos campos científicos relacionados con esta disciplina. No es hasta el siglo XIX cuando el veterinario adquiere la debida importancia como higienista e inspector de alimentos, ya que es a partir de esta época cuando comenzaron a sucederse hechos que identificaban la relación entre la alimentación y el estado de salud. A este respecto, fueron de primera magnitud los hallazgos en Parasitología y Bacteriología. A partir de los siglos XVII y XVIII, la mayor preocupación social frente a la teniasis, triquinosis y tuberculosis, junto con los avances en Química y Microbiología, originó una etapa sanitaria en el control de los alimentos y un importante empuje al desarrollo de esta disciplina (Gutiérrez, 2000).

Respecto a los avances en *Microbiología*, a pesar de que los microorganismos fueron descritos por primera vez por Van Leeuwenhoek (1675), fue Louis Pasteur quien, 200 años después, hizo comprender al mundo científico la importancia de las observaciones del primero. Sus investigaciones tuvieron una particular importancia en la Ciencia de los Alimentos (García, 2003). Como consecuencia de los descubrimientos de Pasteur, médicos y veterinarios comenzaron a tomar la responsabilidad de la lucha frente a las zoonosis y epizootias como base de la Higiene Alimentaria. Además, en esta época se empieza a adquirir un conocimiento científico sobre la relación entre el consumo de alimentos contaminados y la falta de higiene con la aparición de enfermedades bacterianas en el hombre. Algunos hallazgos científicos de importancia en la Microbiología de los alimentos, se tienen los siguientes:

- John Snow (1854) identificó el agua de bebida como principal fuente de difusión del cólera.

- William Budd (1856) llegó a la conclusión de que la fiebre tifoidea era difundida con la leche o el agua de bebida contaminada.
- Gaertner (1888) describió, por primera vez, una bacteria capaz de provocar una toxiinfección alimentaria y que después se identificó como la *Salmonella*.
- Van Ermengem (1896) identificó el *Clostridium botulinum* como agente causal del botulismo.
- En 1914 se comprobó la relación de los estafilococos con las enfermedades alimentarias.
- Entre 1945-53 se identifica el *Clostridium perfringes* como responsable de toxiinfecciones alimentarias.

En resumen, un mejor conocimiento de la patología general, los adelantos en histopatología, el descubrimiento de bacterias y parásitos, el papel desempeñado por algunos veterinarios (clínicos y microbiólogos) y la comprobación de la existencia de enfermedades zoonóticas determinaron que se contase con estos profesionales como parte fundamental de la inspección y control de los alimentos (Sanz, 1988).

Los principales cambios a destacar en el campo de la *Tecnología de los alimentos* son el desarrollo de los métodos de pasteurización y esterilización o apertización, fundamentales para asegurar la higiene y conservación de los alimentos. Nicholas Appert diseñó un sistema con el que se conseguía prolongar la vida útil de los alimentos, conservándolos en las populares latas de conservas. A este método se le denominó “apertización o esterilización” y fue premiado con 12.000 francos por Napoleón, ya que se utilizó para proporcionar un mejor aprovisionamiento de víveres a las tropas francesas. El método de pasteurización debe su nombre a Pasteur (1869) y se aplicó por primera vez con la finalidad de higienizar la leche destinada a consumo humano (1890). Por tanto, los métodos químicos eran necesarios para asegurar la calidad de los productos y evitar las adulteraciones (Sanz, 1999).

En este contexto, cabe destacar los trabajos realizados por Fredrick Accum (1820) que, desde su propio laboratorio, llevó a cabo una actividad de consultoría y análisis de

alimentos y luchó contra la adulteración con métodos sencillos, tales como la determinación de alumbre en pan por precipitación con cloruro de bario, o la de plomo en queso o en agua también por precipitación con hidrógeno sulfurado, quedando reflejados estos métodos en su libro titulado “*Treatise on Adulterations of Food and Culinary Poisons*”. Estos estudios sobre la adulteración de los alimentos fueron retomados posteriormente por Warley (1855) y originó la publicación del libro titulado “*Food and Its Adulterations*” (Browne, 1948).

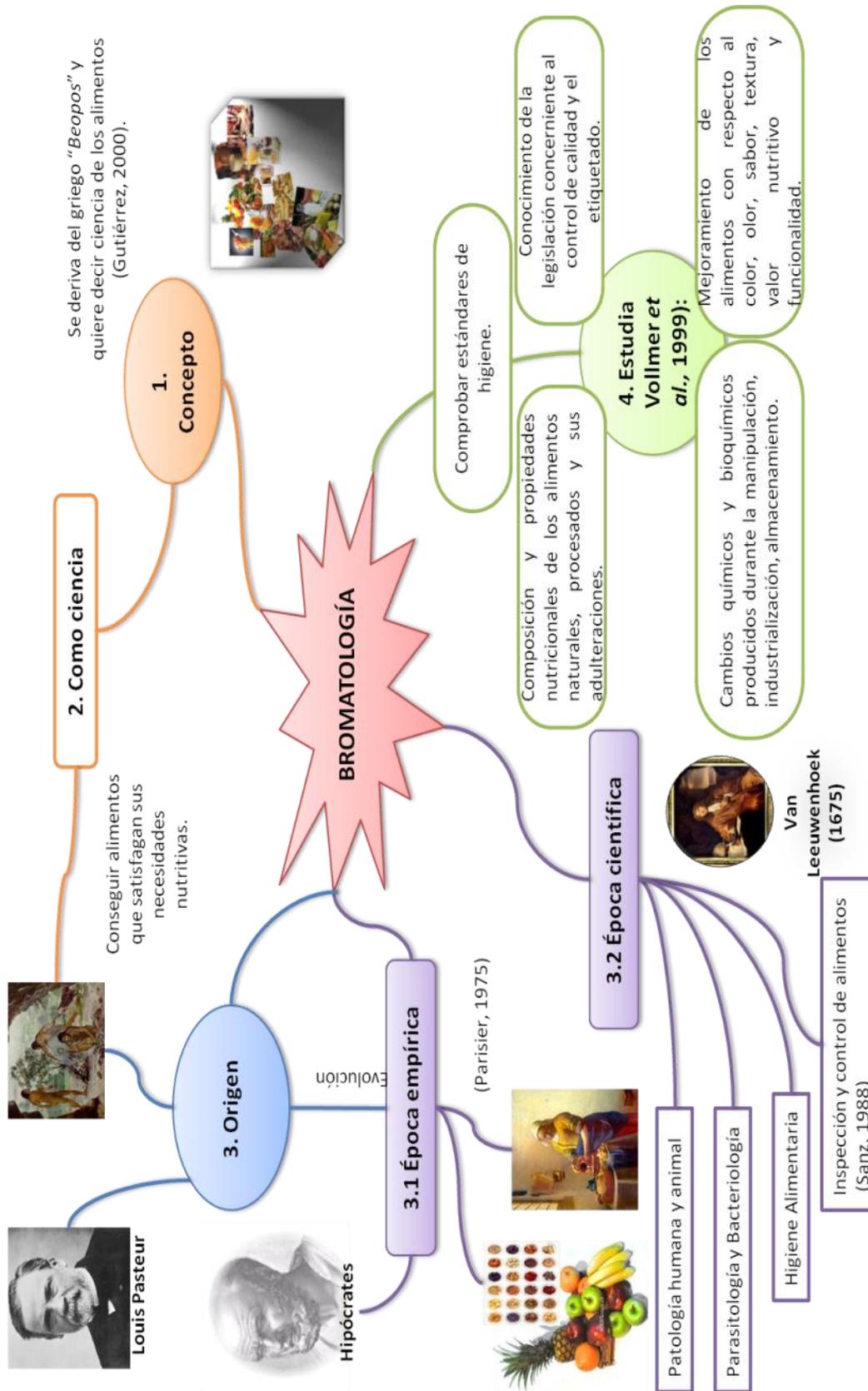


Figura 1.3. Visión rica de la Bromatología (Elaboración propia, 2011)

1.1.3.2 Métodos para el mejoramiento de la calidad sanitaria de alimentos

Dentro de los métodos que se han utilizado en la agricultura para el mejoramiento de la calidad sanitaria de los alimentos, se tienen los métodos tradicionales, químicos y actualmente los físicos.

1.1.3.2.1 Métodos tradicionales (MT). En la agricultura es el arte de cultivar la tierra; son los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y cultivo de vegetales, normalmente con fines alimenticios y sin uso de agroquímicos (Vasey, 1992).

1.1.3.2.2 Métodos químicos (MQ). Los agroquímicos son utilizados para mejorar la calidad fitosanitaria de la semilla, entre los más utilizados están los pesticidas, Herbicidas, Insecticidas, fungicidas, etc., que son sustancias químicas destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de seres vivos considerados plagas. Así como los productos transgénicos lo cual es la manipulación genética para eficiencia de la semilla de maíz con el inconveniente de que solo es posible hacer una cosecha con esta. Y los productos químicos que mejoran el crecimiento de las plantas como lo son los fertilizantes (Zepeda *et al.*, 2002). Una comparación de las ventajas y desventajas de estos métodos aparecen en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Ventajas y desventajas de los métodos empleados en la agricultura (Elaboración propia, 2011)

MÉTODOS APLICADOS EN LA AGRICULTURA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Métodos tradicionales	No dañan al ambiente Conservación de semillas de manera natural Semillas híbridas naturales Tiene un ciclo constante para la siembra Poco deterioro del suelo de cultivo Repelencia de plagas	Pérdidas por plagas tanto en cosecha como en almacenaje Emergencia de plántulas lenta Pérdidas por factores naturales Riego con agua contaminadas Efectos nocivos con bajas consecuencias para los consumidores
Métodos químicos	Crecimiento acelerado de la semilla Modificación genética Conservación de la semillas almacenadas	Efecto nocivos al ambiente en todo su entorno Daños a los consumidores del producto Semillas para una sola cosecha Efectos nocivos de altas consecuencias para los consumidores Deterioro al Suelo de cultivo

1.1.3.2.3 Métodos físicos. La aplicación de diferentes métodos físicos para el control de la calidad fisiológica y sanitaria de las plantas ha tomado auge en los últimos tiempos por su acción positiva. Entre ellas se tiene la radiación no ionizante como el campo magnético, la radiación con láser, y la radiación con luz ultravioleta. La última ha sido más utilizada en el campo alimentario para la conservación de frutas y hortalizas, así como para extender su vida útil en anaquel de los productos.

La acción de estos agentes físicos puede provocar variaciones a nivel celular que afectan los mecanismos de transporte y de los procesos metabólicos que ocurren en las plantas (Vasilevski, 2003). Los efectos que pueden encontrarse dependen, para el caso de la radiación ultravioleta de la intensidad, la longitud de onda, distancia y tiempo de exposición (Guerrero y Barbosa, 2004; Rivera *et al.*, 2007).

En la Tabla 1.3 se describen algunos de los efectos de la radiación ultravioleta (UV-C) en el control de microorganismos en alimentos y en la agricultura.

Tabla 1.3. Efectos de la radiación ultravioleta (UV-C) en el control de hongos en frutas, Vegetales, medicina y en la agricultura (Elaboración propia, 2011)

ESPECIE (VARIEDAD)	DOSIS (10 ³ KGF S ⁻²)	EFEECTO	MECANISMO DE ACCIÓN
Limón (‘Eureka’)	0-15	Reduce deterioro por <i>P. digitatum</i> . Incrementa niveles de escoporona.	(Ben-Yehoshua <i>et al.</i> , 1992).
Naranja (‘Shamouti,’ ‘Valencia’)	0.2-15	Resistencia a <i>P. digitatum</i> .	Incremento en niveles de escoporona después de la irradiación UV, en todas las dosis probadas (Rodov <i>et al.</i> , 1992).
Tomate (‘Tuskegee’, ‘Floradade’, ‘Better Boy’)	1.3-40	Protección contra <i>Alternaria, alternata</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> .	Dosis de 3.6 y 4.8 x 10 ³ kgf s ⁻² retrasan maduración (Liu <i>et al.</i> , 1993).
Durazno (‘Elberta, Loring’)	7.5	Protección contra <i>Monilinia fruticola</i>	Mejor protección lograda con UV-C en combinación con CaCl ₂ y <i>Debaromyces hansenii</i> (Stevens <i>et al.</i> , 1997).
Pera (‘Gialla’)	0.75	No tiene efecto contra el deterioro. Causa daño en dermis del fruto.	(Piga <i>et al.</i> , 1997).
Tomate (‘Tuskegee’ ‘Floradade’)	3.6	Inactivación de <i>Rhizopus stolonifer</i> .	Mayor efecto de inactivación en combinación con CaCl ₂ y <i>Debaromyces hansenii</i> (Stevens <i>et al.</i> , 1997).
Durazno (‘Elberta’)	0.84-40 (óptimo 7.5)	Protección contra <i>M. fruticola</i> . Retrasa maduración	Suprime síntesis de etileno, aumenta actividad de enzima fenilalanina amonioliasa e incrementa el número de levaduras antagonistas <i>Debaromyces hansenii</i> en la superficie del fruto. (Stevens <i>et al.</i> , 1998).
Fresa (‘Kent’)	0.25-1.0	Resistencia a <i>B. cinerea</i> .	Los frutos tratados con la dosis más baja mostraron menor tasa de senescencia, y extendieron la vida útil en 4-5 días (Baka <i>et al.</i> , 1999).
Chile (‘Bell Boy’, ‘Delphin’)	0.22-2-20 (0.88 óptimo para <i>B. c</i>	Resistencia a infecciones naturales y <i>B. cinerea</i> .	Todas las dosis protegen contra infecciones naturales, mientras que para <i>B. cinerea</i> sólo hay protección si se inocula artificialmente después de la irradiación, no antes (Mercier <i>et al.</i> , 2001).
Mango (‘Tommy Atkins’)	4.9 y 9.9	Incrementa resistencia a deterioro. Mejor apariencia y textura comparada con testigos no tratados.	Inducción de espermidina y putrescina. La dosis mayor induce senescencia (González-Aguilar <i>et al.</i> , 2001).

ESPECIE (VARIEDAD)	DOSIS (10^3 KGF S^{-2})	EFEECTO	MECANISMO DE ACCIÓN
Fresa ('Elsanta')	0.5-15	Resistencia a <i>B. cinerea</i> y <i>Monilinia fructigena</i> .	Redujo el desarrollo fúngico en todas las dosis (Marquenie <i>et al.</i> , 2002).
Lechuga "latuca sativa"	0.4,0.81, 2.44 4.07 and 8.14 kJ/m^2	Mantenimiento de la calidad del y preservación almacenados de 9 a 10 días a 5°C.	La dosis mayor de UV decrementó el crecimiento de bacterias, y redujo el crecimiento de flora después de 7 días de almacenamiento (Allende <i>et al.</i> , 2003).
Durazno ('Jefferson')	0.41-2.46	Reducción de síntomas de daño por frío y aumento de vida de almacenamiento.	Aumento en los niveles de poliaminas en el epicarpio, como respuesta de defensa (González-Aguilar <i>et al.</i> , 2004).
Manzanas "Red delicious" y lechuga y tomates	1.5 a 24 mW/cm^2	Reducción de carga microbiana <i>Salmonella spp.</i> y <i>Escherichia coli</i> 0157:H7.	Fue más eficaz en la reducción de <i>Salmonella spp.</i> y <i>E. Coli</i> O157: H7 en manzanas que en las superficies de tomates (Yaun <i>et al.</i> , 2004).
Jugo de naranja "orange juice"	73.8 mJ/cm^2	Reducción de microorganismos y levaduras en el jugo de naranja	Extendió la vida útil del jugo a 5 días y fue más efectivo que el tratamiento térmico (Tran y Farid, 2004).
En granos de trigo	97 W/cm^2	Inactivar <i>Aspergillus</i> y <i>Penicillium</i> .	Estimación del porcentaje de inactivación de <i>Aspergillus</i> y <i>Penicillium</i> en trigo. Siendo efectivo en la calidad de granos de trigo (Hidaka y Kubota, 2006).
Alimentos	4644 $\text{J/m}^2/\text{min}$	Inactivación <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium corylophilum</i> y <i>rubrum Eurotium</i> .	Tratamiento en tres medios: superficie líquida, placa Agar y membrana de filtro. Fue efectiva para la reducción de esporas de <i>A. flavus</i> , <i>P. corylophilum</i> y <i>rubrum</i> , <i>E.</i> y <i>A. niger</i> , pero la eficacia de la radiación UVC varía significativamente de acuerdo a los métodos de exposición a la irradiación, y entre los géneros (Begum <i>et al.</i> , 2009).
En néctar de naranja (citrus sinensis)	0.57; 1.14 y 1.71 J/cm^2	Antimicrobiano de la luz ultravioleta y de los pulsos luminosos de luz blanca.	El néctar, sometido a un proceso de pasteurización (90 °C, 10 minutos), se inoculó con levadura liofilizada (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>), cepa MIT L51, hasta concentraciones de 1.0; 0.1 y 0.01 % (p/p) y se determinó la turbidez de las diluciones, reportando valores de turbidez de 10564, 1304 y 813 UTN respectivamente. Las muestras fueron expuestas a tres diferentes dosis (Silva <i>et al.</i> , 2010).

ESPECIE (VARIEDAD)	DOSIS (10 ³ KGF S ⁻²)	EFECTO	MECANISMO DE ACCIÓN
Repollo mínimamente procesado	0,6 y 1,2 J/cm ²	Parámetros físico-químicos y sensoriales durante el almacenamiento refrigerado.	Se determinó el contenido de ácido ascórbico, fenoles totales, actividad antioxidante y los atributos de calidad sensoria. Las muestras irradiadas con luz UV-C en las dosis estudiadas presentaron un mejor comportamiento en cuanto a Mantener el nivel de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en concentraciones superiores respecto de las muestras no tratadas (Ruiz <i>et al.</i> , 2010).
Fresa (Fragaria vesca) variedad diamante	2 lámparas UV-C, 15W.	Alargar su tiempo de vida útil	Se analizaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos y, se almacenaron en refrigeración a una temperatura de 5°C. Los factores de estudio en esta investigación fueron Factor A: Distancia de las lámparas a las fresas, A0= 30 cm, A1= 40 cm, A2= 50 cm y Factor B: Tiempo de exposición a la radiación UV-C, B0= 5 min, B1= 7,5 min, B2= 10 min. El mejor tratamiento fue la combinación A 1B1, la que corresponde a una distancia de 40 cm por un tiempo de exposición de 7,5 min (Beltrán <i>et al.</i> , 2010).
La carambola (<i>Averroha carambola</i> L.)	13 kJ/m ²	Evaluar la influencia del tratamiento UV-C sobre la calidad de carambola mínimamente procesada almacenada a 5°C.	Los frutos tratados recién mostraron desarrollo fúngico a los 21 días de almacenamiento a 5°C. Los resultados sugieren que el tratamiento UV-C retardó los síntomas de daño permitiendo la conservación de carambola mínimamente procesada con una buena calidad comercial por más tiempo (Andrade <i>et al.</i> , 2011).

1.1.3.2.3.1 Luz Ultravioleta

Desde el siglo XVIII, se ha empleado la luz solar en la medicina para tratamientos de diversas enfermedades de la piel: tumores cancerosos, úlceras de la piel, cicatrización de heridas y destrucción de tumores (Philip, 2002), y en (1845) Bonnet informó que la luz

solar podría ser utilizada para tratar la artritis tuberculosis (infección bacteriana de las articulaciones). En (1879), Martin utilizó las bandas de luz azul y blanco para tratar la degeneración progresiva del nervio óptico. Probablemente, la afirmación más notable durante este período fue la influencia positiva de la luz solar sobre la salud mental. Esta idea se remonta a Hipócrates (Wehr y Rosenthal, 1989), quienes reconocieron que la depresión fue más común en los meses de invierno en Grecia cuando había menos luz solar. La mayoría de estos efectos son favorables gracias al calentamiento producido por la radiación infrarroja, descubierta en 1800 por W. Herschel., y al efecto fotoquímico de la radiación ultravioleta. Más tarde en la Edad Media, se empleaba la fototerapia a finales del siglo XIX donde se difundieron los beneficios del aire puro y la luz solar, se recomendaba su uso para tratamiento de, tuberculosis, raquitismo, edema y depresión (Philip, 2002). En 1801, tras el descubrimiento de los rayos infrarrojos, el físico y biólogo alemán Ritter quien exploró el otro extremo del espectro y observó que el nitrato de plata oscurecía con más intensidad más allá del violeta; este hallazgo lo llevó al descubrimiento de los rayos ultravioleta (Philip, 2002) (Figura 1.4).

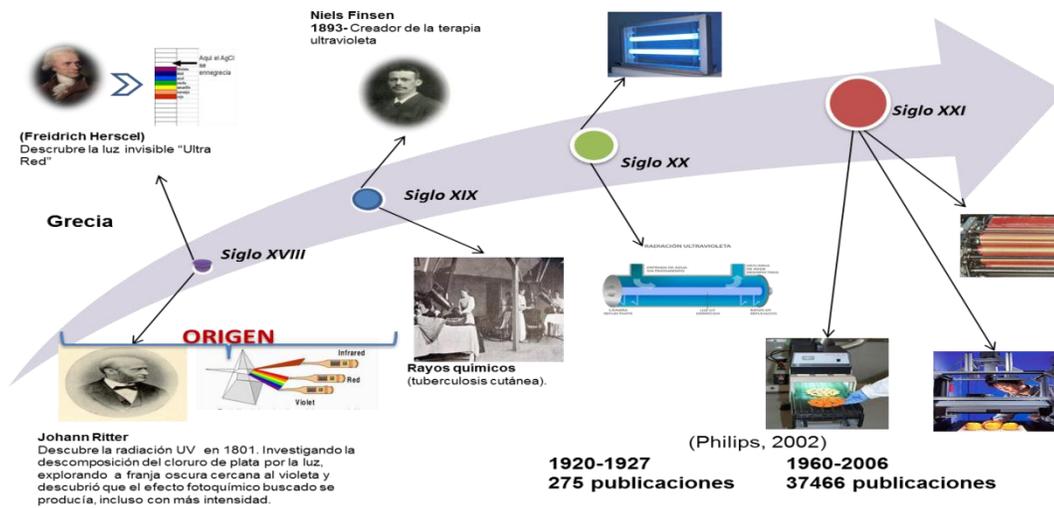


Figura 1.4. Historia de la Luz Ultravioleta (Elaboración propia, 2011)

A pesar del gran éxito de la terapia con luz roja, no hubo acuerdo en cuanto a cómo funcionaba. En (1893), el médico danés, Niels Finsen, especuló que los rayos químicos eran perjudiciales para los pacientes de la viruela, aunque no dio pruebas de ello ni tampoco ofrece ninguna explicación de cómo estos rayos pueden agravar la enfermedad. Cuatro años más tarde, demostró que los rayos químicos tenían el efecto contrario en el tratamiento del

lupus Vulgaris (tuberculosis cutánea). En este caso, utilizando un aparatoso dispositivo de producción artificial de UV, basado en una lámpara de arco tuvo un *efecto antibacteriano* en numerosas afecciones de tuberculosis cutánea, y que, en condiciones adecuadas, se cura la enfermedad (Figura 1.5) que lo llevó a ser galardonado con el Premio Nobel 1903 de Fisiología o Medicina y la consideración de creador de la terapia ultravioleta, a la que incluso quiso llamar “*Finseterapia*”, siguiendo las costumbres de la época.

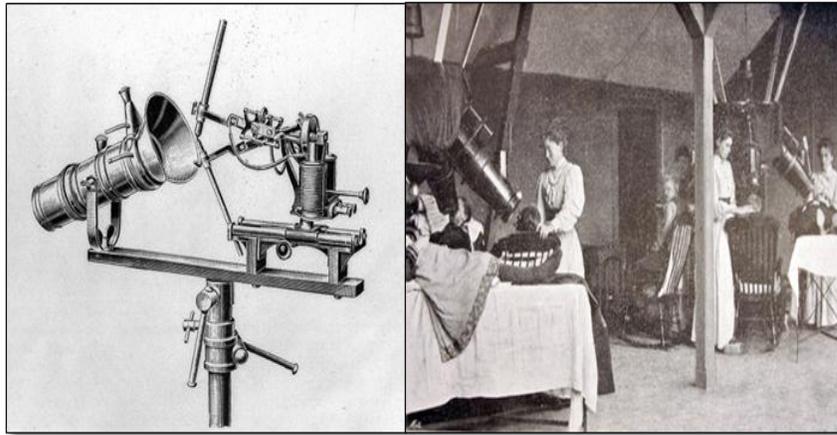


Figura 1.5. Ilustración de la lámpara de Finsen y aplicación de los rayos utilizando la luz Finse. *Ueber die Bedeutung der chemischen Strahlen des Lichtes für Medizin und Biologie*. Leipzig, Vogel, 1899. (Biblioteca y Museo Historicomédicos. Universidad de Valencia. España, véase www.historiadelamedicina.org).

1.1.3.3 Contexto histórico del maíz (*Zea mays* L.)

El maíz difiere en tal manera de sus antepasados que durante mucho tiempo no han podido ser identificados con certeza. Actualmente sabemos, sin embargo, que el maíz es la forma domesticada de la gramínea silvestre mejicana, el teosinte (*Zea mexicana*) (González, 1995). El teosinte tiene espigas estrechas con dos hileras de semillas, cada una de ellas protegida por una cubierta muy endurecida. Sus semillas son difíciles de moler, pero son fáciles de utilizar una vez que se han cocido y han estallado, como las palomitas de maíz. El teosinte crece en localidades dispersas desde el norte de Chihuahua (México) hasta Honduras. El maíz se conoce solo como planta cultivada. El maíz se extendió al norte de México, hasta Canadá y al Sur hasta Argentina. Después del descubrimiento de América se distribuyó rápidamente a Europa, África y Asia. Actualmente, El maíz grano es la principal

fuelle de la alimentación humana en América (SIAP, 2010a). En Europa este lugar lo ocupa el trigo y en Asia el arroz. En el conjunto mundial, el maíz como fuente para la alimentación humana, ocupa el segundo lugar, después del trigo (González, 1995).

El maíz apareció hace 7,500 años y para consumo humano fue procesado en Mesoamérica siguiendo la técnica de nixtamalización (Cervantes *et al.*, 2008). Después de 4000 años de la aparición del maíz, se desarrollaron utensilios como el metate, la olla de barro, y el comal que fueron indispensables para el desarrollo de la tecnología de nixtamalización. Este procedimiento fue determinante para incrementar el valor nutricional del maíz y productos de maíz que todavía se siguen consumiendo. La industria de la tortilla, nace hace 100 años con las investigaciones tecnológicas para la sustitución del metate por el molino de nixtamal y el desarrollo de la máquina tortilladora (Figuroa, 2008a).

Por otra parte, la comida mexicana y en especial el taco que es el 'fast food' mexicano está aumentando su popularidad en el mundo. Por su alta ingeniería, la tortilla es un producto alimentario que tiene la versatilidad de combinar con los alimentos de la cocina internacional sin dominar su sabor de nixtamal y aún seca es comestible, no se descompone y es también fácil de hidratar (González, 1995). Esta versatilidad ha permitido a la comida mexicana y en especial a la cultura del taco sin ninguna propaganda ganar por derecho propio la preferencia del mercado mundial. A pesar de las ventas de 14 mil millones de dólares anuales que tiene el mercado de la tortilla en México y de las bondades de calidad que he mencionado, el proceso tradicional de nixtamalización con sus 3500 años de edad está, desde el punto de vista ecológico, en sus primeras etapas evolutivas y presenta muchas limitantes tecnológicas. El problema de la tortilla ha venido incrementándose en México desde 1998 en que se dio la liberación del mercado, hasta alcanzar niveles difíciles de manejar ya que se consumen 14 millones de toneladas de tortillas por año (SIAP, 2010b).

En este contexto los precios se incrementaron de \$ 2.4 en 1998 hasta 5 a 11 pesos el kg hoy, lo cual motivó a una desordenada proliferación de tortillerías y mala calidad en algunos establecimientos. La oferta incidió en la reducción de ventas por establecimiento de 550 a 300kg/día. Los altos costos de la tortilla han incidido en una reducción del 10 al

15% del mercado y la sustitución por sopas y otros productos de trigo. Los nuevos tiempos exigen mayor eficiencia en el abasto del maíz y mejor calidad en los productos para ser competitivos en el mercado actual y venidero con la apertura del TLC en 2008 a productos básicos como el maíz y el uso de este grano en biocombustibles. Los industriales han centrado sus esfuerzos hacia nuevas estrategias de ventas como entrega a domicilio que todavía no cuenta con regulaciones y su posible impacto en la industria (Figuroa, 2008a).

El maíz es fundamental en la alimentación de los mexicanos, Centroamérica, Venezuela, Colombia, China, África y el Suroeste de Europa (Figura 1.6). Sin embargo, España está muy por debajo de la media europea en el consumo de este maíz dulce. En Estados Unidos se utiliza principalmente como alimento animal y como materia prima industrial (González, 1995).



Figura 1.6. Principales países consumidores de Maíz (Elaboración propia, 2011)

■ **En México**, es el alimento de mayor importancia ya que se calcula un consumo anual de 209.8 kilogramos por persona (Morris y López, 2000). El maíz no es únicamente la base de la alimentación cotidiana, sino también de la alimentación ritual y festiva (Figura 1.7). Del total del maíz utilizado el 50% se consume en tortillas. Un 4.7% es procesado por la industria almidonera y 35.8% destinado a otros usos (semillas, alimento animal y

consumo por parte del agricultor) (González, 1995). La tortilla ha sido la esencia de la dieta en México y Centro América y ha permitido el desarrollo de esta cultura y la sobrevivencia de nuestra gente por casi cuatro milenios (Coutiño *et al.*, 2008). La industria de la tortilla se ha desarrollado especialmente durante los últimos 50 años. Actualmente los productos en base de maíz como la tortilla, botanas, totopos, tacos, tostadas, enchiladas y nachos entre muchos otros de la dieta de México y Centro América han incrementado su popularidad en el mundo y el proceso ancestral de la nixtamalización es practicado en países tan lejanos como Australia, China y Sudáfrica donde ha habido mucho interés sobre las investigaciones sobre los procesos para elaborar dichos productos (Figuroa, 2008a).

■ **En Venezuela**, el maíz es un componente esencial en la dieta de Venezuela, ya que aporta del 20 al 30 % de las calorías totales. La producción de maíz en Venezuela es de gran importancia ya que desde el punto de vista socio-cultural justifica plenamente la necesidad de ofrecer a los agricultores alternativas de producción económicamente rentables, ecológicamente compatibles y socialmente aceptables; es decir, que de acuerdo con los principios de la agricultura sostenible se aumente la diversidad genética para minimizar la dependencia y se combinen prácticas tradicionales con tecnología moderna. Es importante resaltar que Venezuela es el tercer país productor de maíz de Latinoamérica. Su producción en el año 2008 fue de 2995712 millones de toneladas según el reporte de la FAO (2011). El 80% del maíz es en forma de harinas precocidas para la producción de elaboración de arepas, hallacas, empanadas majarettes, atoles, caratos, bollos, pelones, etc. En 20% restante fue la ingestión directa del grano en diferentes formas (chapatas, bollos, arepas, maíz tierno, etc.) (Figura 1.7). El maíz procesado por las industrias fabricantes de almidones hidrosolubles, hojuelas y harinas integrales. Los estados de mayor producción de maíz son: Portuguesa, Yaracauya, Guárico, Barinas, Bolívar y Carabobo (González, 1995).

En relación a las importaciones de maíz, un hecho que hay que destacar es que para el maíz blanco éstas cesaron en el año 1998 como consecuencia del autoabastecimiento. Las importaciones de maíz amarillo han venido disminuyendo a partir del año 2000, llegaron a su valor más bajo en el año 2006, donde sólo se importaron 25.000 toneladas, debido a las

políticas y restricciones que ha implantado el gobierno para disminuir las importaciones de este rubro (González, 1999).

■ **En Colombia**, desde la época prehispánica, ha sido un punto geográfico clave para el contacto terrestre entre el sur y el centro/norte de América. De esta manera jugó un papel muy importante en la distribución temprana del maíz, así como de otros alimentos (Bernal, 1992). Las características ambientales, sociales, tecnológicas y culturales presentes en las diferentes regiones geográficas del país, han generado condiciones propicias para el desarrollo de muchas razas, variedades, híbridos y genotipos nativos de maíz adaptadas a diferentes condiciones del clima, de disponibilidad de agua y resistencia a plagas y enfermedades, entre otras. De esta manera, en Colombia se ha cultivado maíz en casi todos los ecosistemas en donde ha existido agricultura, con mayor intensidad en las ciudades con mayor producción del país son: Valle, Córdoba, Meta, Antioquia, Santander, Tolima, Sucre, Huila, Santander. Córdoba es el Dpto. con mayor superficie cosechada de maíz con 48.000 ha aprox. en el año 2004, seguido de Valle del Cauca con 20.000 ha. aproximadamente en los últimos 2 años. La producción mundial de maíz en el año 2005 fue de 692 millones de toneladas. Estados Unidos participó con el 40% de la producción de maíz, seguido de China que participó con el 19% de la producción mundial total. Las importaciones de maíz amarillo son mayores que las importaciones de maíz blanco (Confecampo, 2008).

La producción de maíz tradicional está destinada especialmente para el consumo humano (arepas de chócolo, hayacas y pasteles, etc.) (Figura 1.7), mientras que la producción tecnificada, en su gran mayoría, se destina a suplir la demanda de insumos de la industria alimenticia y de concentrados para animales. Es decir, gran parte del maíz que se requiere para alimentar a la población colombiana es abastecida por los pequeños agricultores. La soberanía alimentaria del país depende en gran parte de la supervivencia de ellos y de sus sistemas tradicionales de cultivo. De esta manera, para el país es de trascendental importancia que las políticas gubernamentales de fomento agrícola se orienten hacia la protección y fortalecimiento del sector productivo de pequeños agricultores (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2003).

■ **En Estados Unidos**, el maíz es básico en la agricultura estadounidense casi el 25% de la tierra cultivada. Ocupando el primer lugar en 2008 en producción con 307142010 de millones de toneladas según lo reporta la (FAO, 2011). Los principales estados productores son: Minnesota y Ohio. El 90% del maíz que se consume en este país es utilizado para la alimentación animal (40% en la alimentación de cerdos, 29% para los vacunos y 19% para las aves de corral). El resto se destina a la industria y como semilla. Las refinadoras del maíz que integran las diferentes compañías han utilizado en los últimos 20 años entre el 0.5 y 6 % del total del maíz cosechado para la obtención de almidón alimenticio, almidón industrial, maltodextrinas, dextrosa y jarabes, aceite y alimento animal (gluten forrajero) (González, 1995).



Figura 1.7. Usos del maíz en diferentes países (Elaboración propia, 2011)

1.4 Fundamentos de la investigación

La propuesta de solución se basa en una base científica que corresponde al efecto de la radiación ultravioleta UV-C, que en la última década ha tenido un gran auge como agente germicida en aguas residuales, frutas y hortalizas. Se ha podido comprobar que la radiación UV tiene propiedades germicidas importantes, que no contribuye a la formación de compuestos secundarios tóxicos (Allende *et al.*, 2006).

1.4.1 Base científica de la investigación

La luz ultravioleta (UV), conocida comúnmente como radiación no ionizante (RNI) más benigna y de frecuencias más bajas, es decir, no posee suficiente energía para ionizar la materia con longitud de onda superior a 100 nanómetros aproximadamente (Bengt, 2001; AESAN, 2009). La UV, por ser importante en reacciones biológica fotoquímicas (Caldewell, 1971) pertenece al espectro electromagnético emitida por el Sol, situada entre los rayos X y Luz Visible, con longitudes de onda que abarca el intervalo 100 a 400 nanómetros (nm) (Figura 1.8).

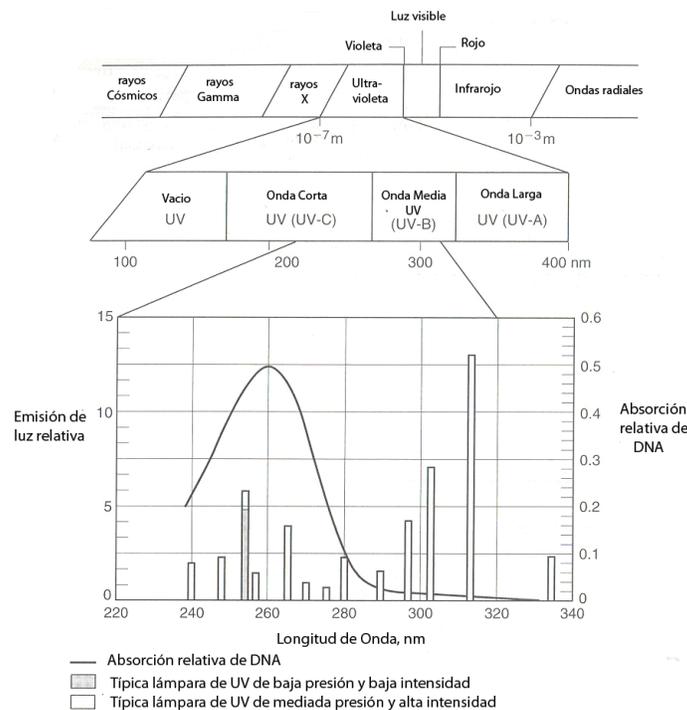


Figura 1.8. Espectro electromagnético (Metcalf y Eddy, 2003)

En la Figura 1.8, se observa que el espectro electromagnético de la UV está dividido en tres regiones: UV-A (320-400 nm) onda larga, UV-B (280-320 nm) onda media y UV-C (200-280 nm) onda corta (OMS, 2003; Guerrero y Barbosa, 2004; Rivera *et al.*, 2007). Las radiaciones UV-B y UV-C son comúnmente más peligrosas ya que la mayoría de radiación UV-C es absorbida en la estratosfera antes de llegar a la superficie de la Tierra (EPA, 1999; OMS, 2003; Mpoloka, 2008). Esta última UV-C tiene su máximo pico de emisión a 254nm (Artes y Allende, 2005). La razón por la cual en esta porción se encuentra el rango germicida es porque, aproximadamente a 260 nm, el ADN tiene una mayor absorción de UV, y por lo tanto es más susceptible de sufrir alteraciones. Esta gama del espectro UV tiene un efecto germicida sobre las bacterias y los virus (EPA, 1995; Sastry *et al.*, 2000). El efecto germicida se debe a la generación de emisores monocromáticos que causan cambios físicos de electrones generalmente a la absorción de los rayos UV y el efecto perjudicial que produce en las moléculas del ADN de los microorganismos (bacterias, virus y esporas) (Morgan, 1989; Shama *et al.*, 1999), evitando que estos microorganismos vivan y se reproduzcan (Lopez y Palou, 2005).

La UV no afecta la humedad o la temperatura de los alimentos y es económico (Wong y Gerrard, 1998). Los tratamientos con UV tienen la ventaja en que no es necesaria protección excesiva de los trabajadores y que no ocurre radioactividad residual, incluso a altos niveles de exposición (Morgan, 1989). La UV es eficaz en el aire, los medios líquidos o en tratamientos de superficie (Wong y Gerrard, 1998). La UV se utiliza habitualmente para desinfectar las superficies en los envases o en entornos de procesamiento de alimentos (Corry *et al.*, 1995).

La radiación ultravioleta es un agente desinfectante físico y no químico. La radiación UV penetra la pared celular de los microorganismos y es absorbida por los materiales celulares, incluidos el ADN y ARN, lo cual puede impedir la reproducción o producir directamente la muerte a la célula. Debido a que sólo es efectiva la radiación UV que alcanza a las bacterias, es conveniente que el agua esté libre de turbiedad, ya que ésta podría servir de “escudo” a los microorganismos (Shama *et al.*, 2005).

1.5 Justificación

Los hongos alteran la calidad alimenticia por contaminación de micotoxinas produciendo graves pérdidas en cultivos e impactando en la alimentación de humanos (Mngadi *et al.*, 2008; Wagacha y Muthomi, 2008). En granos almacenados presenta un potencial de riesgo en la salud humana y animal, afectando la calidad nutricional y sanitaria (Soliman y Badeaa, 2002).

De acuerdo con la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 2002), los granos infestados con hongos particularmente del género *Fusarium spp.* producen micotoxinas como las fumonisinas posiblemente como carcinogénicas para el ser humano, principalmente asociadas al cáncer de hígado y esófago, que a su vez tienen efectos tóxicos por su consumo y se han demostrado que producen desorden fisiológicos, citotóxicos en la salud humana y animal (Cabañes, 2000; Perica *et al.*, 2010; Munkvold, 2003). Además son causantes de enfermedades como la pudrición de la mazorca de maíz (Placinta *et al.*, 1999; Fandohan *et al.*, 2003).

El maíz es un grano básico en la alimentación de los mexicanos. En 2009 se sembraron 7.72 millones de ha con maíz para grano, con una producción de 20.14 millones de ton, y un rendimiento promedio de 3.14 ton/ha; de los cuales se destinaron a la alimentación humana 11824.3 millones de ton (SIAP 2010a), principalmente en forma de tortilla (Zepeda *et al.*, 2009). Sin embargo, en México sólo se produjeron 1.32 millones de ton de maíz grano con una superficie sembrada de 566.43 ha (SIAP 2010b). Lo que evidencia un déficit de grano. Es necesario mejorar la calidad de la semilla de maíz en sus distintos atributos de calidad, como es la fisiológica que redunde en la mejora de la calidad sanitaria del grano alimento básico de consumo humano, animal y de empleo en la industria de la masa y la tortilla (Zepeda *et al.*, 2009).

Tomando en consideración la importancia de estos aspectos y con la necesidad de ofrecer una alternativa ecológica para emplearse en la agricultura con efecto germicida, se plantea con este trabajo de investigación contribuir a la mejora de calidad sanitaria del grano de maíz empleando el método de radiación ultravioleta (UV-C, 254 nm), ya que no hay

reportes en la literatura sobre el tratamiento en de maíz. Sin embargo, cabe señalar que este método ya ha sido estudiado en frutas y vegetales como medio germicida con efectos positivos en la calidad (Guerrero y Barbosa, 2004; Rivera *et al.*, 2007; Begun *et al.*, 2009).

En granos se ha empleado para inactivar *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.*, reportando ser efectivo en la calidad de granos de trigo (Hidaka y Kubota 2006).

Este proyecto de investigación va dirigido principalmente, a los pequeños campesinos agricultores del maíz, a los molinos de maíz y finalmente al consumidor.

1.6 Objetivos e Hipótesis

1.6.1 Objetivo General

Contribuir a mejorar la calidad sanitaria de granos de maíz (*Zea mays L.*), empleados para la elaboración de tortillas mediante un método sostenible: UV-C.

1.6.2 Objetivos Particulares

1. Definir el marco contextual y fundamentos de la investigación.
2. Establecer el marco metodológico y teórico de la investigación.
3. Analizar la situación actual de la calidad sanitaria del grano de maíz (*Zea mays L.*) de molinos de una zona de la Delegación Gustavo A. Madero de la ciudad de México.
4. Caracterizar el elemento irradiador de luz ultravioleta empleado para el tratamiento del grano de maíz (*Zea mays L.*).
5. Investigar el efecto de la luz ultravioleta sobre la calidad sanitaria del grano de maíz (*Zea mays L.*).
6. Investigar los efectos producidos de diferentes niveles de intensidad de la luz, tiempo y régimen para coadyuvar a la calidad sanitaria del grano de maíz (*Zea mays L.*) producida a través de pruebas de microbiota.

1.6.3 Hipótesis

1. Las tortillas de maíz (*Zea mays* L.) de la zona norte de la GAM tendrán buena calidad fitosanitaria.
2. Los granos de maíz (*Zea mays* L.) empleados para elaborar tortilla de una zona de la Delegación Gustavo A. Madero de la Ciudad de México tienen hongos.
3. Los granos de maíz (*Zea mays* L.) seleccionados de la GAM tienen fumonisinas.
4. La radiación ultravioleta UV-C a determinados tiempos y distancias de exposición puede afectar la microbiota asociada a los granos de maíz (*Zea mays* L.) desinfectados y no desinfectados.
5. La radiación UV-C a 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos de exposición podrán reducir la cantidad de grano de maíz con microbiota natural asociada.
6. Los granos de maíz expuestos a dos potencias de radiación con un arreglo de cuatro y ocho lámparas de UV-C de 15W afectara la presencia de *A. flavus*.
7. Mediante los parámetros de radiación UV-C de 10 min y $65.2\mu\text{w}/\text{cm}^2$ de intensidad se logrará afectar la microbiota presente en el grano de maíz inoculado con *Fusarium moniliforme* y *Aspergillus flavus*.

1.7 Tabla de congruencia

En este apartado se presenta la Tabla 1.4 de congruencia de la Tesis, donde se resume la problemática de investigación, justificación, objetivos e hipótesis, preguntas de investigación y características de la investigación.

Tabla 1.4. Tabla de congruencia (Elaboración propia, 2010)

Problema de Investigación	
Calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) empleado para elaborar tortilla	
Justificación	
De acuerdo con la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 2002), los granos infectados con hongos particularmente del género <i>Fusarium spp.</i> y <i>Aspergillus spp.</i> , producen micotoxinas como las fumonisinas y aflatoxinas posiblemente como carcinógenas para el ser humano, principalmente asociadas al cáncer de hígado y esófago. Los hongos alteran la calidad alimenticia por contaminación de micotoxinas produciendo graves pérdidas en cultivos e impactando en la alimentación de humanos (Mngadi <i>et al.</i> , 2008). El maíz (<i>Zea mays</i> L.) es un grano básico en la alimentación de los mexicanos. En 2009 se sembraron 7.72 millones de ha con maíz (<i>Zea mays</i> L.) para grano, con una producción de 20.14 millones de ton, y un rendimiento promedio de 3.14 ton/ha; de los cuales se destinaron a la alimentación humana 11,824.3 millones de ton (SIAP, 2010a), principalmente en forma de tortilla (Zepeda <i>et al.</i> 2009). Sin embargo, en México sólo se produjeron 1.32 millones de ton de maíz grano con una superficie sembrada de 566.43 ha (SIAP, 2010b). Lo que evidencia un déficit de grano. La investigación de campo mostró la evidencia de presencia de hongos en los granos y tortillas de maíz (<i>Zea mays</i> L.) evaluadas.	
Objetivo General	
Contribuir a mejorar la calidad sanitaria de granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.), empleados para la elaboración de tortillas mediante un método sostenible: UV-C	
<p style="text-align: center;">Objetivo particular 1</p> <p style="text-align: center;">Definir el marco contextual y fundamentos de la investigación.</p> <p style="text-align: center;">Pregunta de investigación</p> <p>¿Cuáles son los contextos de la investigación abordada? ¿Cuáles son las características de la investigación Transdisciplinaria? ¿A quién beneficia y hacia qué sector va dirigido?; ¿Por qué se necesita?</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo particular 2</p> <p style="text-align: center;">Establecer el marco metodológico y teórico de la investigación.</p> <p style="text-align: center;">Pregunta de investigación</p> <p>¿Cuál metodología es la más congruente para desarrollar la investigación? ¿Cuáles son los conceptos o teorías más acordes que nos permiten abstraer la realidad para describir la problemática? ¿Cuáles son los métodos o tratamientos utilizados para mejorar la calidad del grano de maíz?</p>
<p style="text-align: center;">Objetivo particular 3</p> <p style="text-align: center;">Analizar la situación actual de la calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) de molinos de una zona de la Delegación Gustavo A. Madero de la ciudad de México.</p> <p style="text-align: center;">Pregunta de investigación</p> <p>¿Cuáles son las condiciones de la calidad sanitaria de tortillas y los granos de maíz que utilizan los molinos de distintas zonas del Distrito Federal? ¿Cuáles son las pruebas usadas en el mundo real?</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo particular 4</p> <p style="text-align: center;">Realizar la instrumentación y caracterización del elemento irradiador con luz ultravioleta para tratamiento del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L)</p> <p style="text-align: center;">Pregunta de investigación</p> <p>¿Cuáles son las características (potencia, intensidad, distancia, región de UV) del elemento radiador? ¿Qué tiempos de exposición serán aplicados?</p>
<p style="text-align: center;">Objetivo particular 5</p> <p style="text-align: center;">Investigar el efecto de la luz ultravioleta sobre la calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.).</p> <p style="text-align: center;">Pregunta de investigación</p> <p>¿Es posible mejorar la calidad sanitaria en granos de maíz usando luz ultravioleta? ¿Cuáles son las características de los granos híbridos de maíz irradiados con luz ultravioleta? ¿Hay diferencias entre los tiempos de exposición a la radiación? ¿Hay diferencias en la radiación ultravioleta entre los granos de maíz?</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo particular 6</p> <p style="text-align: center;">Investigar los efectos producidos por diferentes niveles de intensidad de luz, tiempo y régimen para modificar la calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) producida a través de pruebas de micobiota.</p> <p style="text-align: center;">Pregunta de investigación</p> <p>¿Cuáles serían los niveles de intensidad, tiempos y regímenes adecuados para coadyuvar a la calidad sanitaria del grano de maíz? ¿Es posible eliminar toda la micobiota presente en granos de maíz usando radiación ultravioleta?</p>
Hipótesis	
<p>1. Las tortillas de maíz (<i>Zea mays</i> L.) de la zona norte de la GAM tendrán buena calidad fitosanitaria. 2. Los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) empleados para elaborar tortilla de una zona de la Delegación Gustavo A. Madero de la Ciudad de México tienen hongos. 3. Los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) seleccionados de la GAM tienen fumonisinas. 4. La radiación ultravioleta UV-C a determinados tiempos y distancias de exposición puede afectar la micobiota asociada a los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) desinfectados y no desinfectados. 5. La radiación UV-C a 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos de exposición podrá reducir la cantidad de grano de maíz con micobiota natural asociada. 6. Los granos de maíz expuestos a dos potencias de radiación con un arreglo de cuatro y ocho lámparas de UV-C de 15W afectará la presencia de <i>A. flavus</i>. 7. Mediante los parámetros de radiación UV-C de 10 min y 65.2µw/cm2 de intensidad se logrará afectar la micobiota presente en el grano de maíz inoculado con <i>Fusarium moniliforme</i> y <i>Aspergillus flavus</i>.</p>	
<p>Características de la Investigación: El trabajo de investigación se desarrolló bajo la perspectiva sistémica transdisciplinaria siguiendo tres fases: investigación de campo, investigación documental e investigación experimental, sin olvidar al sujeto investigador en cada una de las fases.</p>	

Con esta información se ha limitado el contexto y fundamentos de la investigación que dan soporte a la Tesis. Ahora, en el siguiente capítulo, se detalla el marco metodológico y teórico de las teorías y disciplinas que entrelazan la investigación (Sistémica, Física, Biología, Estadística y la Agronómica).

MARCO METODOLÓGICO Y TEÓRICO

“La transdisciplinariedad es una transgresión generalizada, que abre un espacio ilimitado de libertad, de conocimiento, de tolerancia y de amor”

Basarab

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO Y TEÓRICO

En el capítulo uno, se ha planteado el contexto de la investigación: contexto físico, el contexto histórico de la Sistémica, de la calidad sanitaria en los alimentos, de los métodos físicos para el mejoramiento de la calidad, destacando la aplicación de la luz ultravioleta en ellos y el contexto histórico del maíz (objeto biológico de estudio en esta investigación). Presentando posteriormente en el mismo capítulo lo que es el fundamento de la investigación, que permite conducir al establecimiento de los objetivos, la formulación de hipótesis y la realización de las preguntas de investigación respectivas.

Ahora, en el presente capítulo se plantea el marco metodológico y teórico de la investigación. Se comenzará por definir la metodología desde el punto de vista sistémico-transdisciplinario que permite tener una visión global de las diferentes disciplinas y buscar vínculos que las entrelacen, para poder “ir más allá”, y de esta manera incidir sobre problemas presentes en el mundo real, que para muchos investigadores, solo se pueden resolver a través de la unión de las diferentes disciplinas con sus respectivos especialistas con su conocimiento científico y la unión de los diferentes actores involucrados en la problemática que pudieran tener un conocimiento empírico; esto a través del desarrollo de cada una de las fases de la Metodología propuesta que se describirá en párrafos siguientes. Por otro lado, este capítulo abordará el marco teórico de algunos temas de las diversas disciplinas que se inter-relacionan en este trabajo de investigación como la Sistémica, la Física, la Biología, la Estadística, y la Agronomía, etc.). Que conducirá al planteamiento de la propuesta de solución a la problemática sobre la calidad sanitaria en granos de maíz, mediante la radiación ultravioleta UV-C, en virtud de que este objeto de estudio no ha sido explorado de acuerdo a la revisión de literatura científica realizada.

2.1 Marco metodológico

La Realidad, que se vive en las ciencias actuales, empleadas para solucionar problemas del mundo, en donde la complejidad está presente en todas partes tiende a ser más complejas y las disciplinas por sí solas no pueden resolver. Pero en nuestros días, investigadores como el Dr. Basarab, Dr. Kent Wilber, Dra. Hernández y el Dr. Domínguez entre otros se han dado a la tarea de reflexionar procesos metodológicos que van más allá de sus clasificaciones y definiciones (Morín, 1984). Que va de acuerdo con el pensamiento de Heisenberg, de ir “más allá” de las disciplinas, incluyendo al Sujeto, y más precisamente a la interacción Sujeto-Objeto (Bireme, 2004). Bajo este enfoque se planteó seguir un proceso metodológico con perspectiva sistémica- transdisciplinaria. Esto permitió adquirir conocimiento socialmente comprometido por un mundo posible y plantear soluciones sostenibles a problemas de la sociedad. Dentro del proceso de investigación se desarrolló tres etapas: investigación de campo, investigación documental e investigación experimental, (Figura 2.1), además de crear armonía en el investigador y permitir adquirir disciplina y rigor en cada fase del proceso de investigación, ya que esta es el pilar fundamental de la formación como investigador y sello del grupo de investigación sistémico con perspectiva transdisciplinaria en la SEPI-ESIME-Zacatenco, (Hernández, 2009:2010; Peón, 2010; Domínguez, 2010: notas de clases).



Figura 2.1. Proceso de investigación (Elaboración propia, 2011)

2.1.1 Proceso de investigación

Respecto a los objetivos planteados, se definió un proceso de investigación basado en la metodología con perspectiva sistémica-transdisciplinaria que involucra diversas disciplinas. En la Figura 2.2 se presentan las fases y actividades de este enfoque metodológico.

La Figura 2.2 muestra la interconexión del sujeto con las fases llevadas a cabo en el proceso de investigación, la lateral izquierda permite al sujeto tener una visión holística de la problemática hasta llegar a focalizar de lo general a lo particular iniciando con la problemática mundial, crisis alimentaria, alimentos, agricultura, pasando al cultivo de maíz y centrando en granos destinados a la alimentación humana y a su calidad sanitaria (enfermedades producidas por hongos), es decir, lo que permite al sujeto integrar el conocimiento (con la ayuda de revisión de literatura científica), apoyado también en la investigación de campo (conocimiento de la situación actual del grano en tortillerías y molinos de maíz), métodos físicos y químicos que se utilizan en el mundo real para controlar la calidad sanitaria. Una vez realizada la revisión de literatura se procede a llevar la fase experimental (parte inferior de la Figura 2.2), se observa al sujeto investigador aplicando los conocimientos adquiridos, es donde él realiza la planeación (¿qué hacer?, ¿para qué hacer?, ¿dónde?, ¿cuándo? y ¿a quién beneficia esta actividad?), para llegar a la comprobación de hipótesis en busca de un aprendizaje continuo para generar nuevas preguntas de investigación (experimentos en laboratorio), teniendo un proceso de retroalimentación en cada una de ellas, sin perder la mirada del mundo real (impacto) y la problemática focalizada, manteniendo la armonía y equilibrio en sí mismo para poder plantear soluciones sostenibles. Ya por último se observa en la lateral derecha la fase de impacto del mundo real, al sujeto relación problema y solución general que impacte en la sociedad, en la academia, en la salud y por consiguiente en la vida.

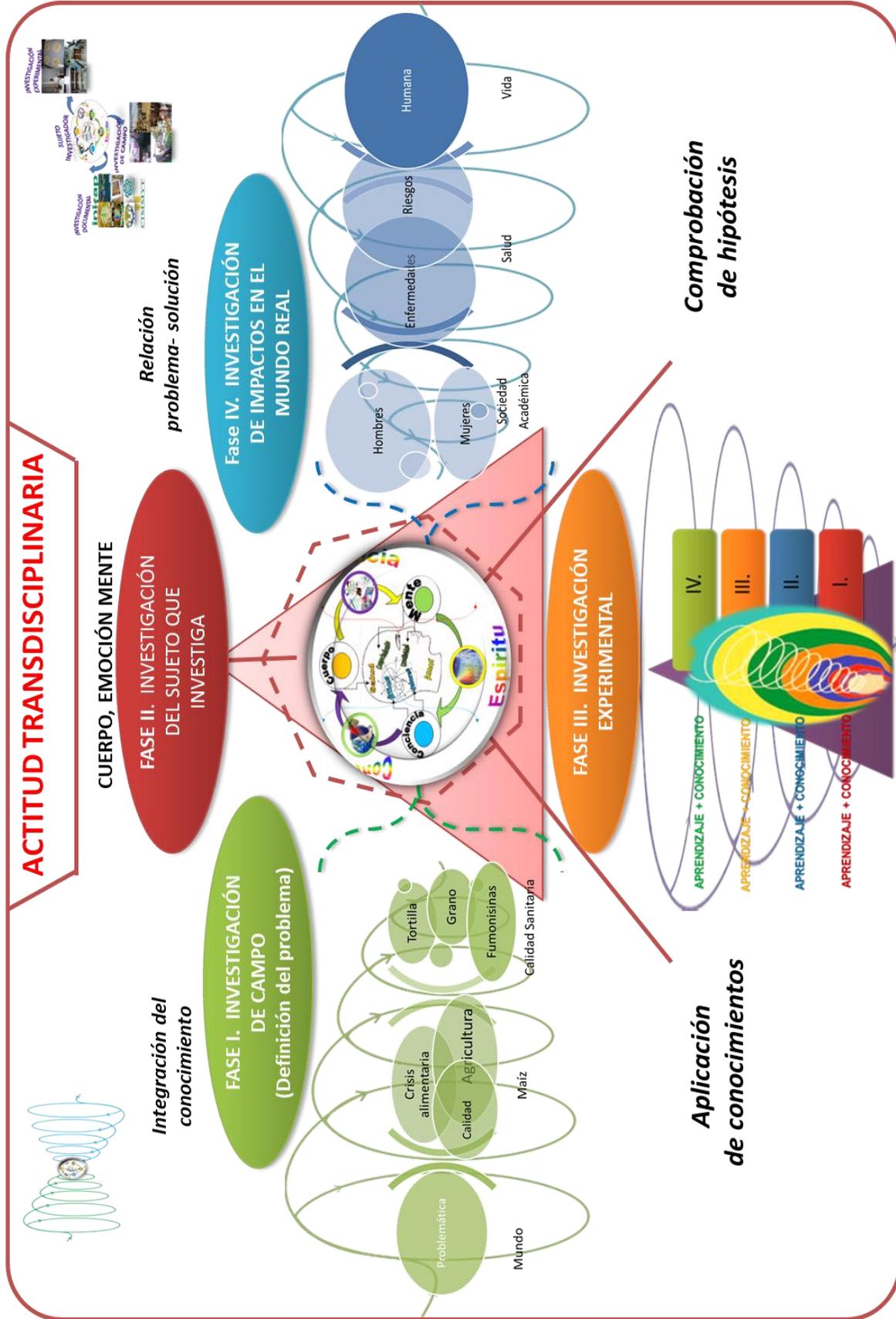


Figura 2.2. Metodología para el proceso de investigación (Tomado y adaptado de Domínguez, 2010; notas de clases; 2010)

2.1.1.1 Fase I. Investigación de campo (definición del problema -focalización mundo real)

La definición del problema es el primero y más importante de los pasos de todo el proceso de investigación” (Trinchet, 2007). El problema permite conocer y delimitar las fronteras de lo desconocido, es decisivo en el resultado final: una definición incorrecta lleva a encontrar una solución errónea. Su planteamiento adecuado no sólo implica considerar la situación problema. El planteamiento correcto del problema significa, en ocasiones, más que de la mitad de su solución. En esta fase, mediante el enfoque sistémico transdisciplinario se integran disciplinas como la física, biología, estadística y la sistémica formando una base de conocimientos previos, para tener una visión de las posibles soluciones. Focalizando la problemática desde su historia en la línea de tiempo hasta llegar a su presente y proyectar su futuro, en la medida que se posea un conocimiento mayor sobre el tema de investigación, se definirá el problema de una manera más precisa; es frecuente que debido al carácter recurrente y sistemático de este proceso a lo largo de toda la investigación, el problema se ajuste en la medida que se apropien de “...los indicadores, leyes, normas y métodos de su desarrollo” (Rodríguez *et al.*, 2000).

A continuación, se comentarán algunos aspectos que deben considerarse durante la focalización del problema, y que ayudan a profundizar en el conocimiento de la problemática (Figura 2.3) (Domínguez, 2010; Hernández, (2009, 2010): notas de clases):

1. Conocimiento general de los diversos problemas en el mundo real a nivel global.
2. Reducción de la problemática y selección de la problemática donde se puede incidir. Este paso está ligado a la fase de investigación del sujeto que investiga ya que se valora desde el perfil profesional, habilidades, talentos y factibilidad para participar de alguna manera en la problemática específica seleccionada.
3. Definición de los factores que impactan en la problemática observando el sistema por dentro y el suprasistema (entorno) para luego seleccionar uno de factores específicos a abordar así mismo la zona objeto de estudio. En esta fase el sujeto empieza a mostrar una manifestación de conciencia.

4. El análisis de la situación actual de la zona específica objeto de estudio se va cerrando más la observación a lo particular en el mundo real, identificando los diversos actores que están involucrados en esta problemática. Para ello es posible apoyarse en cuestionarios, entrevistas, visitas de campo, molinos, etc. Así mismo se definen las disciplinas participantes que podrían coadyuvar en el proceso de investigación.
5. Evaluación de la situación actual a través de pruebas de laboratorio de muestras recolectadas en la zona de estudio correspondiente al mundo real. Comprende la selección del tipo de prueba a llevar a cabo y los aspectos de planeación de la prueba donde se incluye la selección de material y métodos (Figura 2.4). Para esto es necesario integrar el conocimiento de la disciplina correspondiente (se recomienda emplear pruebas reconocidas por las asociaciones científicas correspondientes).
6. Conocimiento situación actual: el conocimiento de la calidad sanitaria de tortillas y granos de maíz y de evaluación de las fumonisinas que invaden al grano y disminuyen su calidad sanitaria.
7. Investigación de los métodos empleados para combatir el problema en el mundo real (zona objeto de estudio) definiendo sus ventajas y desventajas. En esta fase de forma paralela se realiza investigación documental de literatura científica buscando los métodos reconocidos para solucionar el problema.
8. Investigación de la propuesta de solución al problema seleccionando el que sea factible a realizar, en colaboración con alguno de los actores de la problemática (ejercicios transdisciplinarios). En esta fase el sujeto que investiga va al laboratorio y realiza investigación experimental.

Este enfoque transdisciplinario propone una ruptura en la investigación “unidisciplinar” o “individual”, formando parte de un equipo de investigadores, y personajes de la vida cotidiana que viven la problemática. Sin olvidar que la investigación o el ejercicio de hacer ciencia siempre es un proceso de creatividad así como un proceso cibernético en continua evolución y aprendizaje (Basarab, 1998) (Figura 2.2).

El carácter subjetivo en el proceso de definición del problema dificulta su planteamiento correcto; sin embargo, este paso es fundamental y determinante para el resto de la

investigación. La objetividad que tenga el sujeto investigador consiste en no asumir lo deseado como verdad, ni obviar los resultados desfavorables, sino estar en capacidad de apreciar la realidad como es y no de la manera que se aspira. El pensamiento creador, según el Premio Nobel de Medicina *Sent Gyorgyi*, consiste en”...**ver lo que todo el mundo ve y pensar lo que nadie piensa**”.

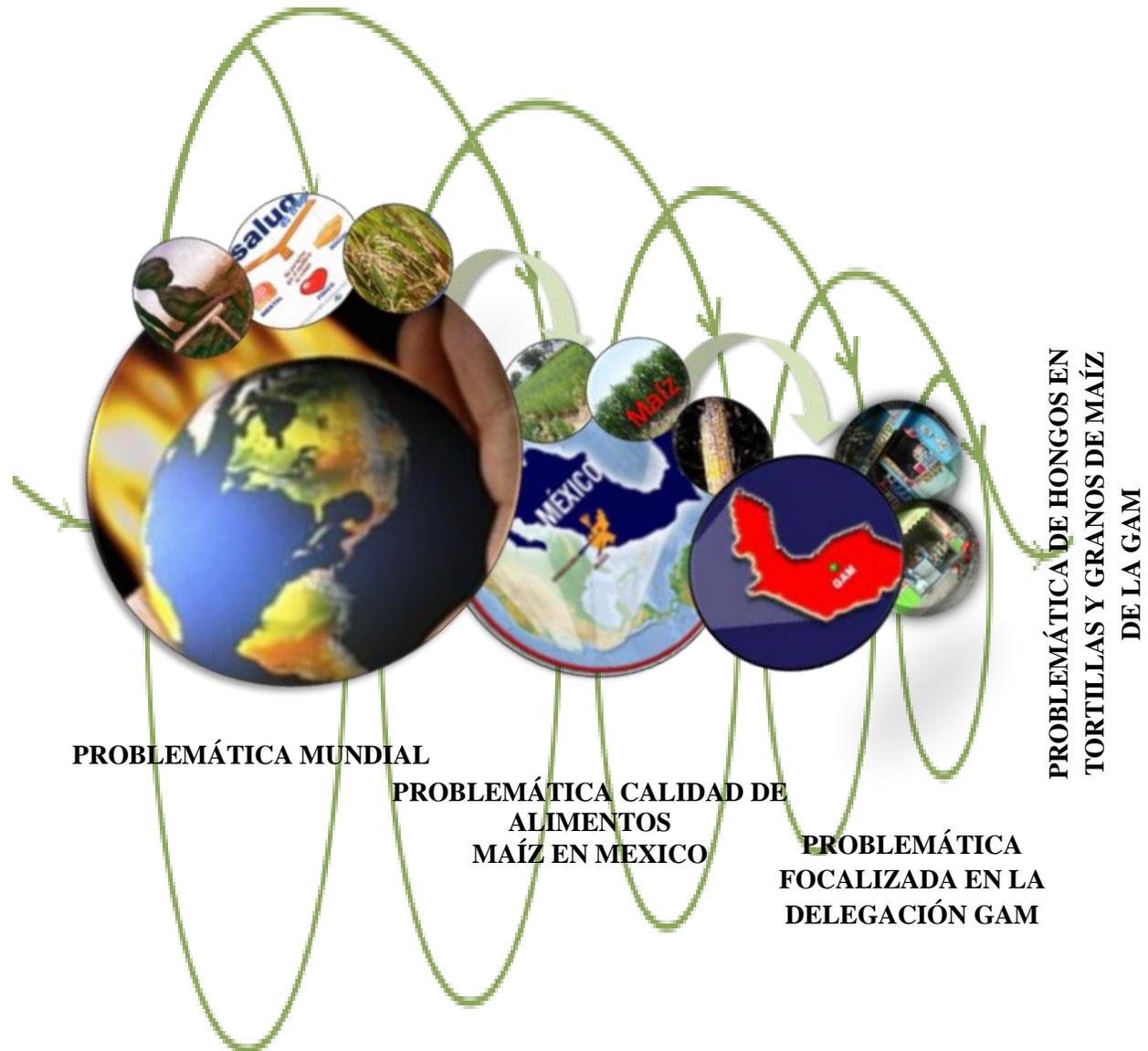


Figura 2.3. Visión rica para focalizar la problemática del mundo real (Elaboración propia, 2011)

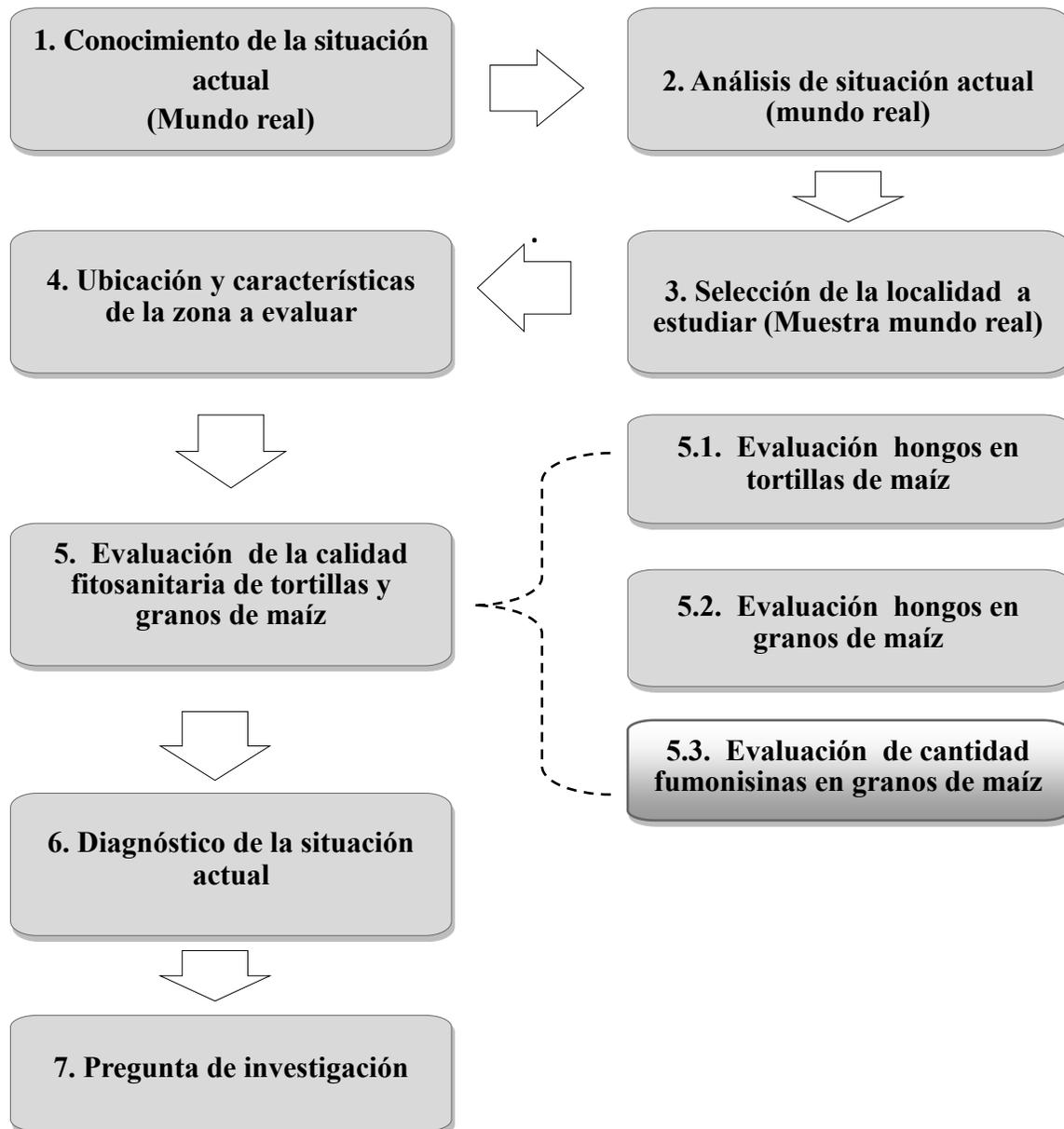


Figura 2.4. Método general para realizar el conocimiento del mundo real (Elaboración propia, 2011)

En la Figura 2.4 se describe el método general para llevar a cabo el conocimiento del mundo real, donde después de ver el todo se focaliza el caso de estudio. Partiendo del conocimiento del mundo real (tortillerías y molinos), posteriormente se realizó el análisis de situación actual del mundo real para ello se ubicó la zona a evaluar y sus características geográficas, después se definen tres actividades: 1. Evaluación de hongos en tortillas recolectadas en Cuatepec Barrio Alto (de la GAM zona objeto de estudio), 2. Evaluación

de la calidad sanitaria del grano de maíz, en esta actividad se homogenizó el material recabado (granos buenos y dañados) y se determinó la micobiota presente. Para esto se desinfectó el grano superficialmente con hipoclorito de sodio, posteriormente se lavó con agua esterilizada, se sembró en cajas Petri y se incubaron por 5 días a 25°C para finalmente identificar los hongos a nivel de género y especie siguiendo las normas (Moreno, 1998) y claves taxonómicas especializadas (ver Figura 2.5). Posteriormente se realizó una tercera actividad evaluación de fumonisinas en los granos de maíz. La evaluación de fumonisinas se usa para determinar y cuantificar la presencia de fumonisinas producidas por algunas especies de hongos en los granos. En la Figura 2.6 se muestra el método para detectar fumonisinas, empezando por la selección de la muestra, preparación del material, extracción de la fumonisinas, dilución y filtración, cromatografía de afinidad por HPLC y finalmente la medición de la fumonisinas. Cabe aclarar que se realizó la planeación del diseño experimental (Padrón, 1996; Montgomery, 1991), y el establecimiento de la prueba en cada actividad.

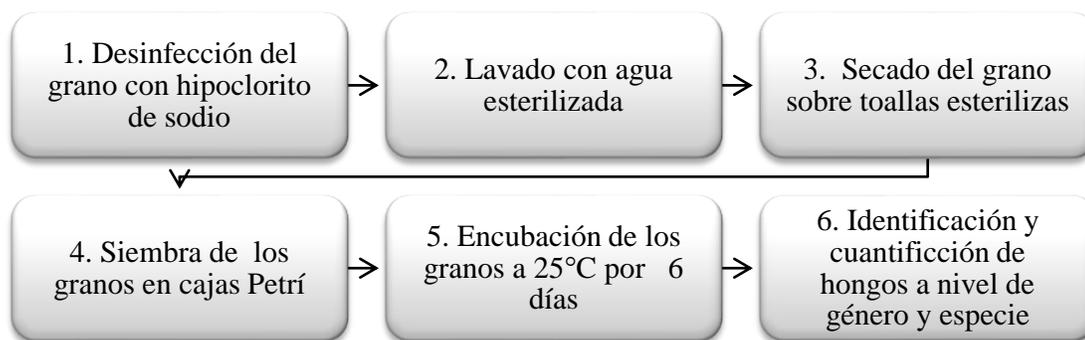


Figura 2.5. Método para determinar micobiota presente en el grano (Moreno, 1998)

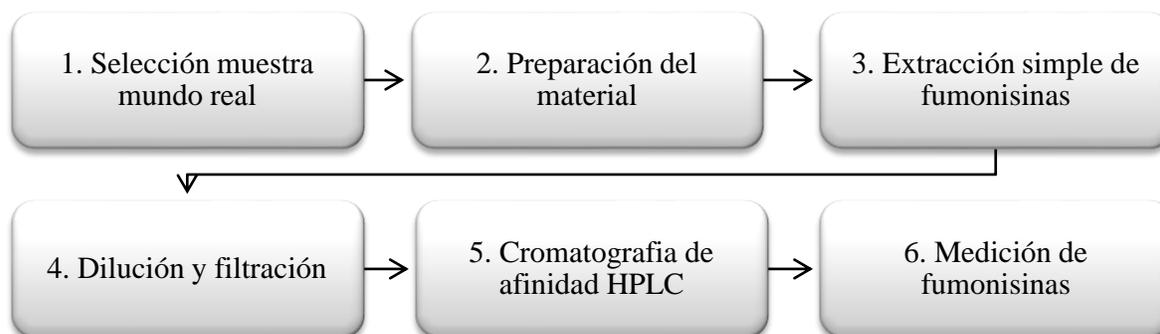


Figura 2.6. Método para identificar fumonisina en granos del mundo real (Fumonitest^{MT}, 1998)

Posterior al análisis de situación actual y en base a los resultados obtenidos del análisis de varianza arrojado por el SAS (1998), se realizó el diagnóstico de la calidad sanitaria del grano de maíz que se emplean para elaborar tortillas en la GAM para así plantear preguntas de investigación que ayuden a aportar soluciones a la problemática evaluada y se pasa a la Fase II.

2.1.1.2 Fase II. Investigación del sujeto que investiga

“El genio es uno por ciento de inspiración y un noventa y nueve por ciento de dedicación”.

(Thomas Alva Edison)

La segunda fase, investigación del sujeto que investiga es quizás el pilar del proceso de investigación con enfoque transdisciplinario, pues es lo que lo interrelaciona con la realidad, lo que le da acceso a conocerla. El sujeto que investiga podría generar conocimiento. El conocimiento es siempre conocimiento para alguien, pensado por alguien, en la conciencia de alguien. Es por eso que no se puede imaginar un conocimiento sin sujeto, sin que sea percibido por una determinada conciencia. Pero, de la misma manera, podemos decir que el conocimiento es siempre *conocimiento de algo*, de alguna cosa, de un fenómeno material o aún de la misma conciencia. Pero para que el proceso se complete el investigador debe, finalmente, volver otra vez hacia sí mismo a fin de elaborar los datos que ha recogido, concibiendo ahora al objeto, mentalmente, a la luz de su contacto con él mismo (Sabino, 1992). Por tal motivo en la fase propuesta en esta metodología se realiza como actividad el autoconocimiento que en la perspectiva transdisciplinaria es fundamental. De esta manera durante el proceso de investigación bajo esta perspectiva sistémica transdisciplinaria, el sujeto se conocerá así mismo, despertará conciencia, trabajará en su actitud transdisciplinaria que implica apertura, rigor y muy importante la tolerancia (Hernández, (2009,2010): notas de clases) (Figura 2.7). Para ello se realizaron ejercicios de observación hacia dentro, observación hacia afuera y seguimiento constante de la observación.

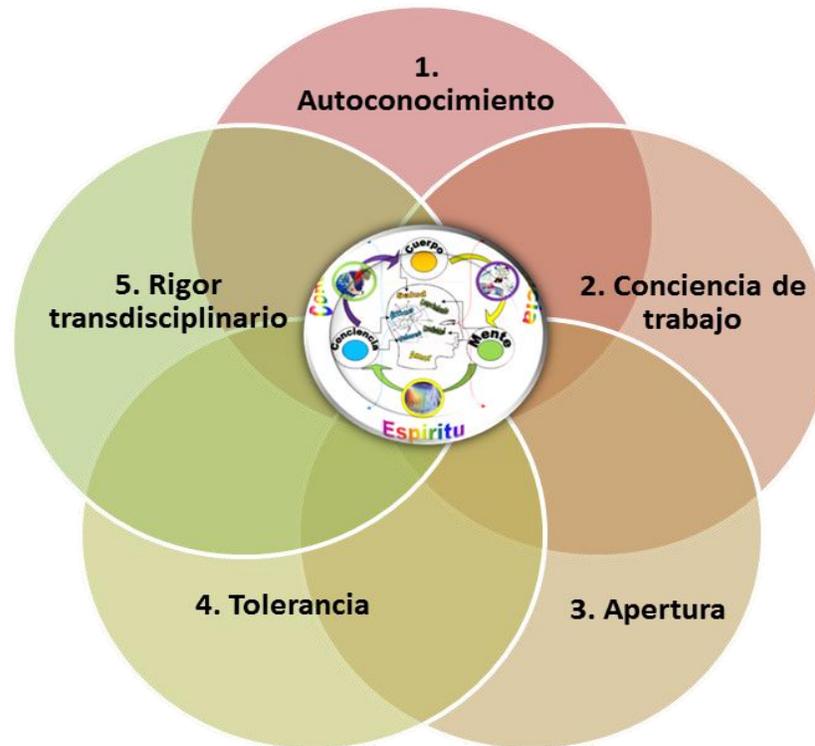


Figura 2.7. Visión rica investigación del sujeto que investiga (Elaboración propia, 2011)

2.1.1.3 Fase III. Investigación experimental

Esta fase abarca el diseño de experimentos, que incluye los medios e instrumentos para poner a prueba las variables a medir, la observación y demás operaciones instrumentales, seguido de la realización del experimento y por último recogida, clasificación, análisis e interpretación de los datos obtenidos en la prueba. Para tener un buen diseño experimental es necesario hacer un proceso cibernético de la actividad donde se tengan las variables que afectan al objeto de estudio y conocer los factores técnicos (teórica y métodos) (Figura 2.8). Entre los pasos a seguir se tienen:

1. Conocimiento del método seleccionado como propuesta de solución. Así mismo la teoría relacionada con el tema (ver Anexos I, J).
2. Diseño y construcción de la propuesta de solución que se haya elegido factible a realizar.
3. Determinación de la prueba a realizar.

4. Obtención de material biológico a emplear a través de los vínculos realizados gracias a la integración de disciplinas en el proceso de investigación.
5. Definición de pregunta(s) de investigación.
6. Planeación de la actividad a realizar, comprende: planteamiento de objetivo e hipótesis y diseño experimental., definiendo las variables a evaluar, el tamaño de la muestra, condiciones ambientales, tiempo de la prueba y selección del método de determinación de microbiota del grano.
7. Establecimiento de la actividad experimental, se desglosan los métodos para llevar a cabo las actividades experimentales en la Figura 2.9.
8. Seguimiento de la prueba y registro de observaciones realizadas a través de microscopio.
9. Análisis estadístico e interpretación de los datos.
10. Resultados y discusión de la actividad.
11. Corroborar o rechazar la hipótesis.
12. Concluye y se redacta la actividad de investigación experimental realizada.
13. Elaboración del manuscrito y envío a revisión para posible publicación o participación en congreso.
14. Reflexión acerca del aprendizaje y conocimiento adquirido (enfoque transdisciplinario) y se genera nueva pregunta de investigación.

Dentro del proceso de investigación es importante resaltar el proceso cibernético (Figura 2.8) así como en todas estas actividades se sugiere realizarlas con rigor transdisciplinario que es el rigor científico recomendado para generar conocimiento, tal como lo marca el método científico, para que puedan ser reproducibles, eso es lo que singulariza a la ciencia y a la redacción científica, más el rigor que implica el desarrollo de la actitud transdisciplinaria que hace verse a sí mismo al sujeto y a los demás. Sabiendo que la finalidad de todo investigador transdisciplinario es llegar a la aportación científica que pueda ser útil a la sociedad, el investigador está obligado entre otras actividades a presentar un informe escrito dando respuesta a estas preguntas: ¿Qué hizo?, ¿Por qué? ¿Para qué lo hizo?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, y ¿Cuándo lo hizo?, ¿Qué sucedió?, ¿Qué encontró?, y ¿Qué aprendió al hacerlo?

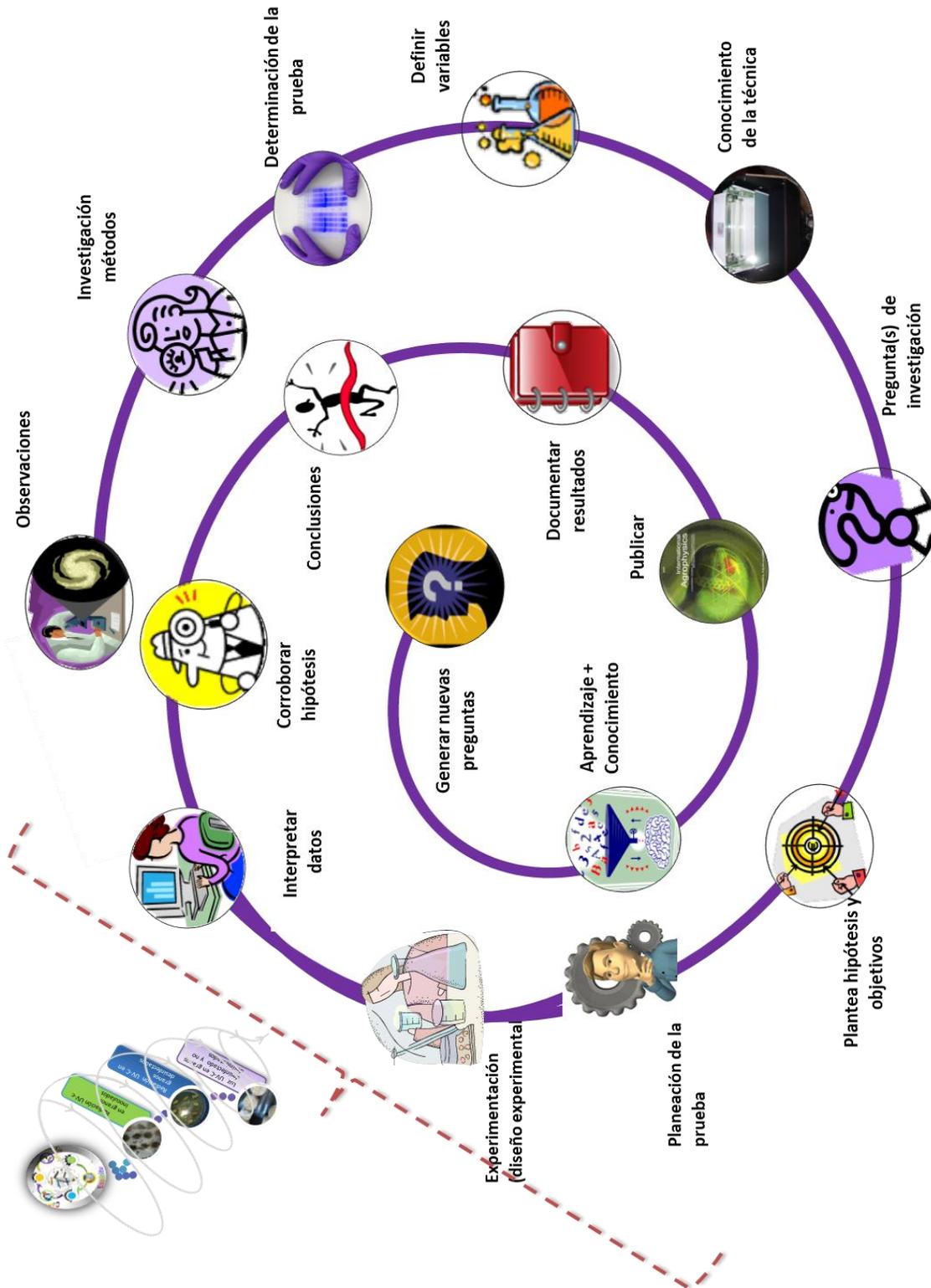


Figura 2.8. Proceso cibernético para el desarrollo experimental (Elaboración propia, 2011)

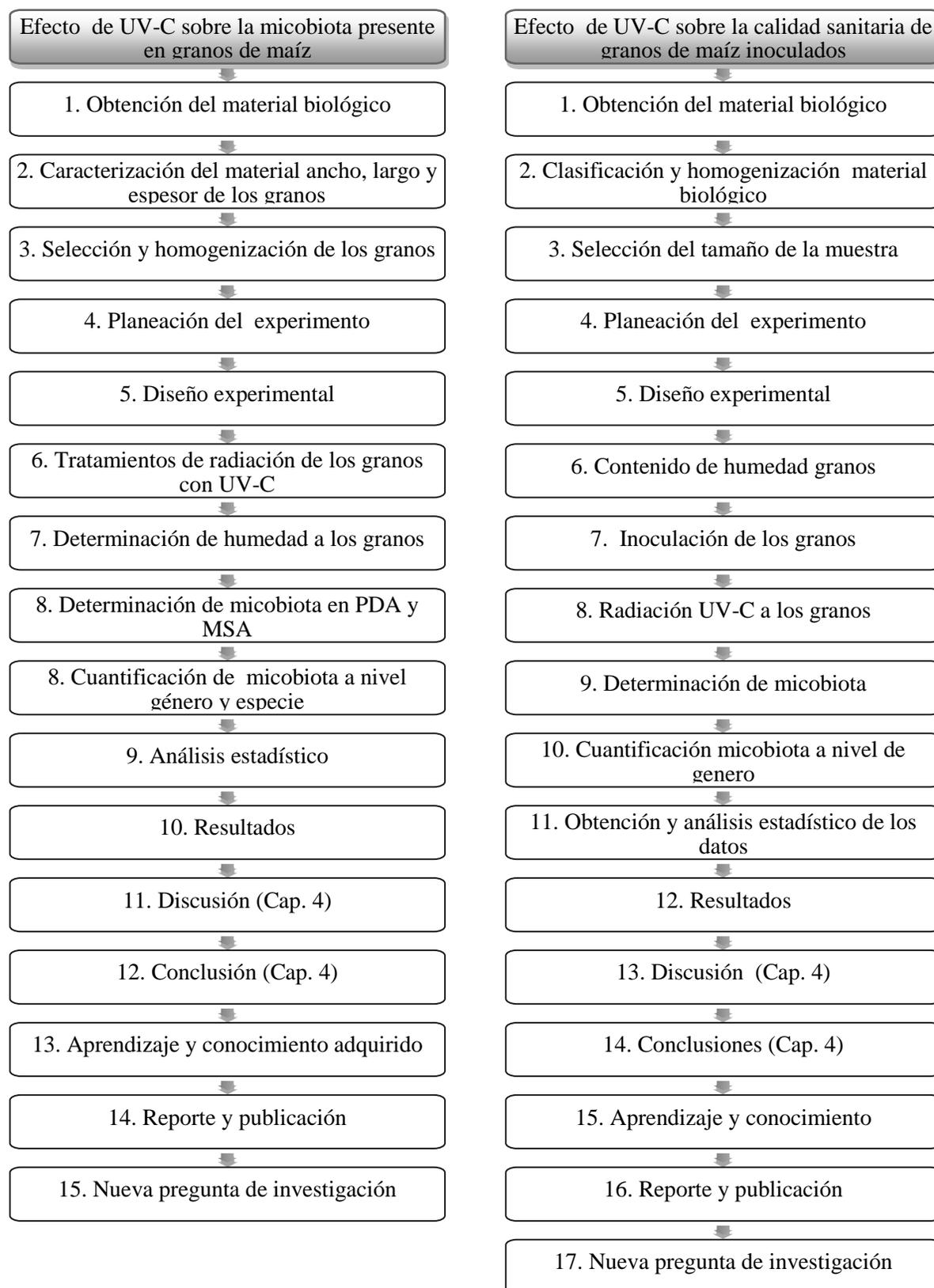


Figura 2.9. Método para llevar a cabo las actividades experimentales (Elaboración propia, 2011)

En la Figura 2.7 se muestra el método a seguir para la actividad experimental efecto de la UV-C sobre la microbiota presente en granos de maíz se inicia con la obtención del material biológico, para posteriormente caracterizarlo en base a su tamaño, con el objetivo de hacer una selección y se procede a realizar la planeación y el diseño experimental, para así realizar el tratamiento de la radiación a los granos, determinación de humedad, determinación de microbiota presente a nivel de género y especie, para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico SAS que permitió obtener los resultados del análisis de varianza, que permite realizar la discusión y conclusiones de la actividad, por último se hace el reporte de la actividad incluyendo el aprendizaje y conocimiento adquirido para genera una nueva pregunta de investigación.

Por otro lado, en esta misma Figura se ilustra el método a seguir para la actividad efecto de UV-C sobre la calidad sanitaria de granos de maíz inoculados. Este método plantea 17 pasos de los cuales los 6 primeros fueron descritos en el párrafo anterior, para el paso de inoculación del grano se sigue el procedimiento para determinar la cantidad de inóculo (Desjardins *et al.*, 1994), obteniendo el conteo de esporas, posteriormente se realizó la cuantificación de conidios/ml. Para esto se empleó la fórmula propuesta por Gilchrist *et al.*, (1995) ver Figura 2.10. Una vez inoculados los granos se continúa con el tratamiento al grano, determinación de microbiota, obtención del análisis estadístico, resultados, discusión, conclusiones y finalmente se describe el aprendizaje y conocimiento adquirido que permite generar una nueva pregunta de investigación.

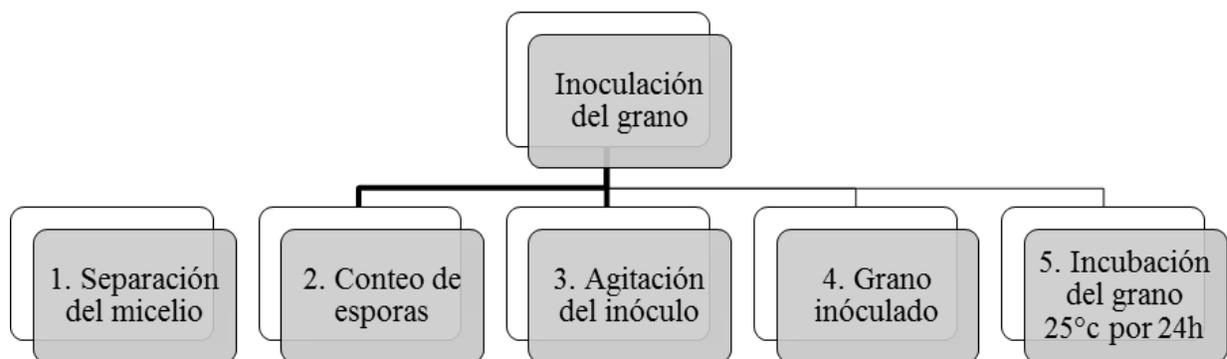


Figura 2.10. Método para llevar a cabo inoculación del grano (Elaboración propia, 2011)

2.1.1.4 Fase IV. Investigación de impactos en el mundo real

En esta fase el sujeto investigador hace una interacción con el entorno (mundo real) (Figura 2.11) sale del laboratorio, regresa al campo para hacer una interconexión con los actores involucrados en la problemática y en base a lo conocido en la acción, se formula una serie de preguntas y así continúa en el proceso de investigación, hasta que el sistema propuesto se convierta en investigación aplicada, que es el anhelo de la investigación.

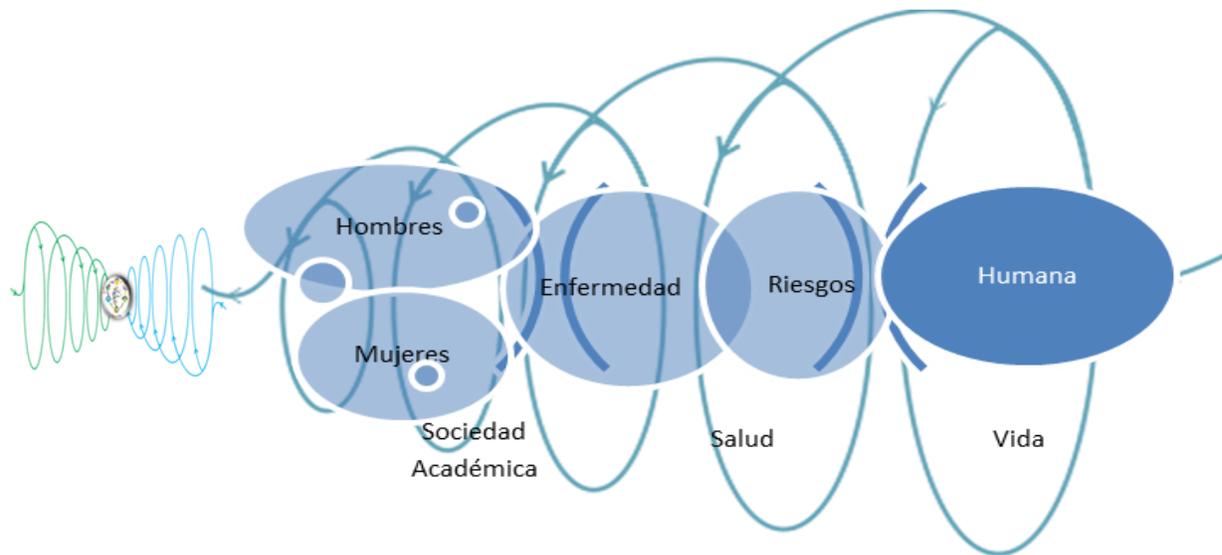


Figura 2.11. Fase IV. Investigación de impactos en el mundo real (Elaboración propia, 2011)

El rigor de la transdisciplinariedad es una profundización del rigor científico, en la medida en que toma en cuenta no solamente las cosas sino también los seres y su relación con los otros seres y con las cosas. Tomar en cuenta todos los datos presentes en una situación característica de este rigor (Basarab, 1998b). Dentro del proceso de investigación, es importante conocer algunos aspectos importantes relacionados al rigor científico, dependiendo en el momento en el que se encuentre dentro del proceso de investigación. El rigor implica una manera estructurada y controlada de planificar, desarrollar y analizar la investigación (Figura 2.12).

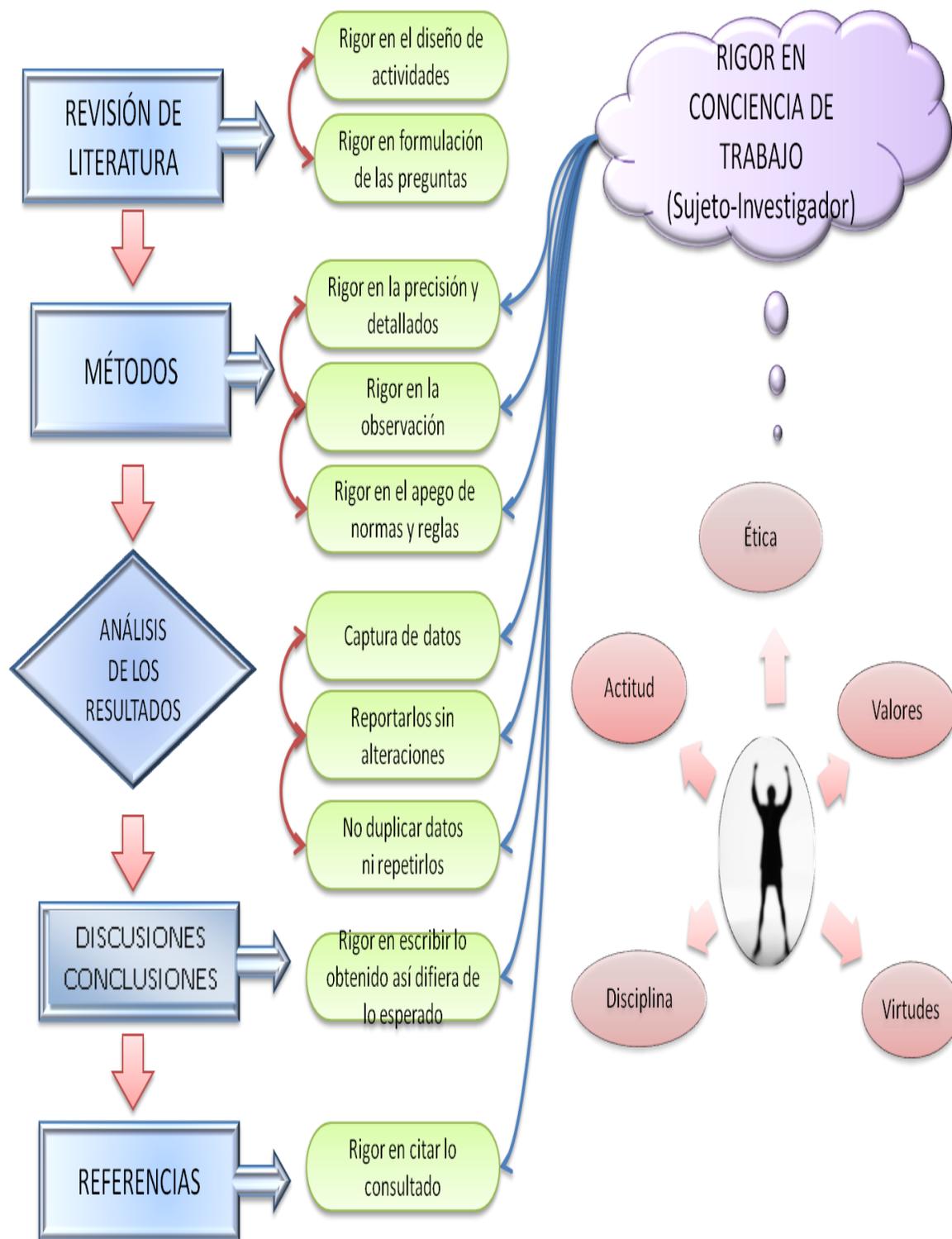


Figura 2.12. Visión rica del rigor en el proceso de investigación (Elaboración propia, 2011)

2.2 Marco teórico

Al realizar una investigación bajo el enfoque sistémica transdisciplinaria, es decir “ir más allá” como lo menciona el Dr. Basarab, permite interrelacionar conocimientos de diferentes disciplinas y enfoques para incidir de forma general en la problemática actual de la sociedad. De esta forma se integran el conocimiento sistémico, la transdisciplinariedad incluyendo la actitud transdisciplinaria.

Respecto a las bases teóricas de las disciplinas necesarias se incluye de manera general la física, el espectro electromagnético, radiación ionizante, luz ultravioleta, lámparas de UV, dosis de UV, y parámetros de radiación. Así como de la biología, fitopatología, fotobiología y la estadística.

2.2.1 Conocimiento sistémico

Este conocimiento es la comprensión de que todo es una unidad, que todas las disciplinas y conocimientos científicos que ha adquirido el ser humano, proceden de un sistema general y cuando se entrelazan ayudan a comprender el funcionamiento y objetivo de ese único sistema (O'Connor y Mc Dermott, 1998).

El hombre no pudo manejar ni comprender todas las variables de la realidad, por tanto comenzó a entender todo de manera parcial, limitada y distorsionada, entendió las disciplinas, la espiritualidad y las diferentes ciencias tanto fácticas, formales y sociales de manera separada (Ulloa, 2000), este pensamiento sistémico, “Es la actitud del ser humano, que se basa en la percepción del mundo real en términos de totalidades para su análisis, comprensión y accionar, a diferencia del planteamiento del método científico, que sólo percibe partes de éste y de manera inconexa”.

El pensamiento sistémico es integrador, tanto en el análisis de las situaciones como en las conclusiones que nacen a partir de allí, proponiendo soluciones en las cuales se tienen que considerar diversos elementos y relaciones que conforman la estructura de lo que se define como "sistema", así como también de todo aquello que conforma el entorno del sistema

definido. La base filosófica que sustenta esta posición es el Holismo (del griego holos = entero) (Ulloa, 2000).

La Sistémica aparece ante la dinámica de la comprensión y proceso de conocer como un “objeto de estudio” en la clásica denominación de los modos hipotético-deductivos de proceder.

2.2.1.1 Transdisciplinariedad

La proyección transdisciplinaria de las ciencias persigue como objetivo, siguiendo a Edgar Morín (1997) “no un sector o partes sino un sistema complejo que forma un todo organizador que operan el restablecimiento de conjuntos constituidos a partir de interacciones, retroacciones, interretroacciones y constituyen complejos que se organizan de por sí”.

El epistemólogo y físico teórico Basarab Nicolescu, ha precisado aún más esta noción. Por transdisciplinariedad entiende aquellos que se sitúa a la vez entre las disciplinas (interdisciplinariedad), a través de las disciplinas (pluridisciplinariedad) y más allá de las disciplinas (transdisciplinariedad) cuya finalidad es la comprensión del mundo presente a partir de la unidad del conocimiento. Unidad que no opera por reducción, como es lo propio de la Ciencia Positivista, sino integrando y dando cuenta de la pluralidad, de la diversidad, de las propiedades emergentes de la realidad (Basarab, 1993).

La transdisciplinariedad en la ciencia incorpora los siguientes tres principios: (i) el principio de no reducción, los niveles de realidad; (ii) la lógica del tercero incluido (principio de inclusión) y (iii) el análisis sistémico que se interesa por dicha complejidad dinámica. Estos principios determinan *la metodología de la investigación transdisciplinaria*.

2.1.1.1.1 La existencia de varios niveles de la realidad

En la carta de la transdisciplinariedad, en el artículo 2 se plantea: "El reconocimiento de la existencia de diferentes niveles de la realidad, regidos por diferentes lógicas, es inherente a la actitud transdisciplinaria. Toda tentativa de reducir la realidad a un solo nivel, regido por una única lógica, no se sitúa en el campo de la transdisciplinariedad"(Carta de la transdisciplinariedad, 1994). En la física clásica, la continuidad (no se puede pasar de un punto a otro del espacio y del tiempo sin pasar por todos los puntos intermedios), la causalidad local (todo fenómeno físico puede comprenderse por un encadenamiento de causas y efectos), el determinismo (la predictibilidad de los fenómenos) y la objetividad (todo conocimiento, diferente al científico, es relegado a la subjetividad) son los postulados que la acompañaron desde *Galileo* hasta Einstein. Todos ellos evocaban la existencia de un solo nivel de la realidad (Carrizo *et al.*, 2004).

La existencia de varios niveles de la realidad se sustenta en los postulados de la física cuántica y derrumbó las ideas de la física clásica. Las ideas clásicas entraron en crisis a principios del siglo XX con el concepto de *discontinuidad*, de *Max Planck*. *Planck* definió la energía con una estructura discreta, discontinua. Así surgió el *quantum* de *Planck*, quien le dio nombre a la mecánica cuántica y cambió la visión del mundo, sobre todo en el campo de la física. Esto trajo consigo la existencia de un nuevo tipo de causalidad que originó el concepto de la *inseparabilidad* (Carrizo *et al.*, 2004).

En el mundo macrofísico, si dos objetos interactúan en un momento dado y luego se alejan, interactúan cada vez menos. En el mundo microfísica, en cambio, las entidades cuánticas continúan interactuando cualquiera que sea su alejamiento. Hay una suerte de conexión no local o causalidad no local y lineal, sino global, relacional y compleja. Esto parece contrario a nuestras leyes macrofísicas.

Como puede apreciarse, la *inseparabilidad* cuántica no pone en duda la causalidad misma, sino una de sus formas: la causalidad local. No pone en duda la objetividad científica, sino la objetividad clásica fundada en la creencia de ausencia de toda conexión no local"(Tamariz, 2007).

La realidad presupone nuestras experiencias, imágenes, descripciones y representaciones. "La realidad la definen como "un conjunto de sistemas invariantes a la acción de un número de leyes generales" (Basarab, 1998), lo que admite que dos niveles de realidad existen cuando hay ruptura de esas leyes, cuando pasamos de uno a otro; la organización como se concibe en la teoría de sistemas no implica realidad, puesto que varios niveles de organización pueden pertenecer a una misma realidad.

2.1.1.1.2 La lógica del tercero incluido

El propio desarrollo de la física cuántica con la existencia del mundo macrofísico y cuántico ha considerado la lógica de pares excluidos, es decir, contradictorios (A y no-A). Esta consideración no merita discusión en el sentido que en la vida real los pares excluidos se dan: el día y la noche, la vida y la muerte, lo claro y oscuro, etcétera. Esta lógica ha formulado tres axiomas fundamentales: (Basarab, 2002).

1. Axioma de identidad: A es A.
2. Axioma de no contradicción: A es no-A.
3. El axioma del tercero excluido: no existe un tercer término T, que es a la vez A y no-A.

Sin embargo, los teóricos de la transdisciplinariedad retoman la idea de *Lupascu*, quien modificó el tercer axioma para sustituirlo por el *tercero incluido*: existe un tercer término T, que es a la vez A y no-A. La propia física cuántica lo corrobora con el *quantum* (Lupascu, 1987). El elemento T se asocia a un par de elementos contradictorios y mutuamente excluyentes, lo que significa que se puede construir nuevas teorías que eliminan las contradicciones en un nuevo nivel de la realidad, pero el proceso es completamente abierto y temporal, porque la nueva teoría puede reanudar contradicciones en un nuevo par a otro nivel de la realidad. Se trata de un proceso continuo que nunca llega a la contradicción absoluta, ni tan siquiera a la teoría cerrada. Para los que de alguna manera han estado relacionados con la filosofía marxista, recordaremos que incluye dos principios fundamentales: el materialismo y la dialéctica. Esta última no contradice el funcionamiento de este axioma porque, en esencia, implica similar proceso cíclico. El materialismo dialéctico sostiene el saber como conocimiento de la realidad y, al mismo

tiempo, contempla el saber en avance, en progreso, y es más profundo y exacto (Basarab, 1998).

El materialismo dialéctico entiende el cambio de una manera también dialéctica en el sentido que el cambio no niega la estabilidad, es decir, toda estabilidad es relativa. La máxima expresión de la estabilidad es el principio de la identidad; esto es: toda cosa es igual a sí misma ($A=A$); pero esa identidad puede cambiar, por lo que se niega. Constituye una fase porque puede convertirse en su contrario. Toda cosa es igual a sí misma ($A=A$); pero puede convertirse en su contrario ($A=-A$), lo que no significa que necesariamente no permanezca, es decir, la permanencia es indiscutible considerarla en el cambio y, a su vez, el cambio no podría efectuarse sin la permanencia. Este postulado es la base del tercero incluido, con la inclusión de la aparición de un nuevo elemento que sobrepasa el sentido de continuidad que mantiene la física clásica y la filosofía marxista, lo que no significa contradicciones, sino enriquecimiento (Figura 2.13).

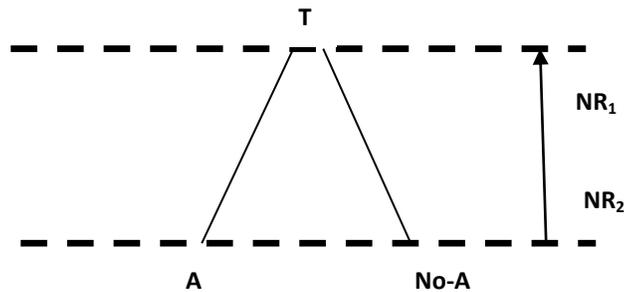


Figura 2.13. Representación del tercero incluido (Basarab, 2002; notas de clase, 2010)

2.1.1.1.3 La complejidad

La complejidad está presente en todas partes. Al iniciar el análisis a partir de la física cuántica, como en las reflexiones anteriores, lo complejo se da en el mundo macrofísico y microfísico. Morin plantea que la complejidad no se ha debatido como los postulados de Lakatos, Popper o Kuhn sobre la científicidad o la falsedad. Señala además que uno de los primeros postulados de la complejidad es el escrito por Weaver, quien colaboró con Shannon en la formulación de la teoría de la información, con su trabajo *Science and complexity*, publicado en *Scientific American* de 1948. Sin embargo, los estudios referentes

a la complejidad, en su gran mayoría reflexionan sobre la complejidad "desorganizada", sobre todo en los dominios físicos, teóricos y sistémicos (Morín, 1999).

Sobre la complejidad podríamos reflexionar bastante, pero nos limitaremos a lo que ella, como teoría, aporta al enfoque transdisciplinario. Los teóricos más conocidos en este tema son *Luhman*, con su pensamiento complejo, y *Edgar Morin*, quien la estudia como método (Morín, 1990). Como parte de esta teoría, se encuentra una serie de posturas nuevas científicas encontradas en el ámbito de la Biología, la Física, la Matemática, la Cibernética, la Geometría y la Meteorología, que modifican concepciones anteriores. Teorías como la *no linealidad*, de *Lorenz*; la idea de la retroacción y de la no causalidad en la cibernética, de *Mandelbrot*; la nueva termodinámica, de *Shaw*; la autopoiesis, de *Maturana* y *Varela*; la teoría de la información; la teoría de los sistemas; la teoría de los autómatas autoorganizados, de *Von Neumann*; el principio de generación del orden a partir del ruido, de *Von Foerster*, y la teoría de las estructuras disipativas, de *Prigogine* (Luhmann, 1982.)

La transdisciplinariedad asume la complejidad como forma "organizada" y en eso radica su novedad (Luhmann, 1982). El hombre como sistema es un ser complejo; es complejo la sociedad donde reside pero de igual forma es complejo cada una de sus neuronas (Delgado, 2002). La complejidad como postulado científico de la transdisciplinariedad no cuestiona la ciencia clásica en su primer principio de legislar, de ir de lo complejo a lo simple, sino de enfatizar que no son suficientes esas prácticas en el contexto científico actual. El científico contemporáneo analiza lo complejo real bajo la apariencia de lo simple. *Morín* lo explica de esta forma: "Tómese el ejemplo del beso. Piénsese en la complejidad que es necesaria para nosotros besarnos, y que a partir de la boca podamos expresar un mensaje de amor. Nada parece más simple, más evidente. Y sin embargo para besar hace falta una boca, emergencia de la evolución del hocico. Es necesario que haya habido la relación propia en los mamíferos en la que el niño mama de la madre y la madre lame al niño. Es necesario, pues, toda la evolución complejizante que transforma al mamífero en primate, luego en humano, y, anteriormente, toda la evolución que va del unicelular al mamífero. El beso, además, supone una mitología subyacente que identifica el alma con el soplo que sale por la

boca, depende de condiciones culturales que favorecen su expresión. Así, hace 50 años el beso en el Japón era inconcebible, incongruente" (Morín, 1997).

Un abordaje que haga honor a la complejidad debe ser capaz de conjugar de múltiples maneras los distintos niveles del cambio, explorar sus articulaciones, construir itinerarios según las problemáticas particulares que se presenten en cada indagación específica. Considero que la complejidad no debe ser un “imperativo” sino una elección. Una elección que abarca tanto el plano cognitivo como el ético, el estético, el práctico, el emocional. No se trata de un mero cambio de paradigmas, sino de formas de experimentar el mundo y producir sentido, de interactuar y de convivir, una transformación multidimensional en una permanente evolución.” (Najmanovich, 2002). Para completar el concepto de transdisciplinariedad se tomo el artículo 14 de la Carta de la Transdisciplinariedad, elaborado por un grupo de pensadores de diversas áreas que se reunieron en Arrábida, Portugal en el año 1994. Resume las características fundamentales en la actitud y visión Transdisciplinaria. A saber: el *rigor* en la argumentación, la *apertura* que incluye la aceptación de lo desconocido, de lo inesperado y de lo imprevisible y la *tolerancia* que es el reconocimiento del derecho a las ideas y verdades contrarias a la nuestra.

2.2.1.2 Actitud Transdisciplinaria

Actitud transdisciplinaria se define como la articulación de los diferentes asuntos de las ciencias, de las artes, de la filosofía, de las tradiciones del conocimiento y de la experiencia, considerándolas como diferentes modos complementarios de percepción y de descripción de la Realidad y de las relaciones entre la Realidad y lo Real. La actitud transdisciplinaria, según Basarab Nicolescu, presupone “pensamiento y experiencia interior, ciencia y conciencia, efectividad y afectividad. (...) La transdisciplinariedad puede ser concebida como la ciencia y el arte del descubrimiento de las pasarelas [a la vez entre los diferentes campos del conocimiento y entre los diferentes seres que componen una colectividad, porque el espacio exterior y el espacio interior son dos facetas de un solo y mismo mundo]” (Basarab, 1998b).

2.2.2 Disciplinas que entrelazan la investigación

En este apartado se describen las disciplinas que entrelazan la investigación como son la física, biología, estadística, sistémica y la agronomía (Figura 2.14).

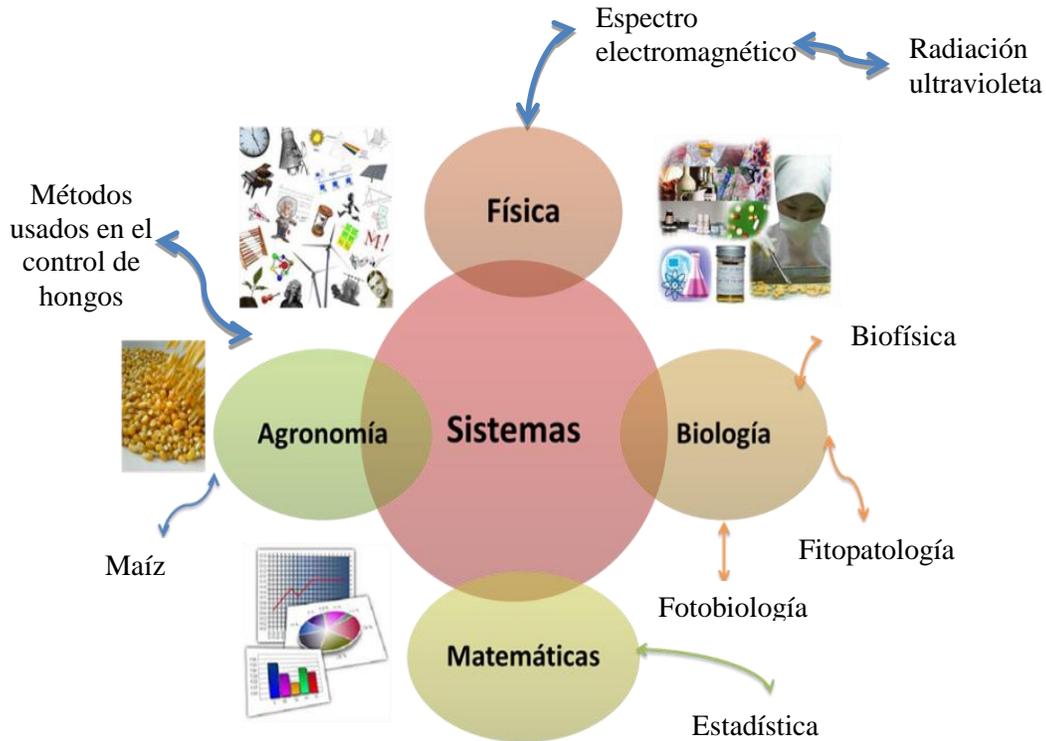


Figura 2.14. Visión rica de la integración de disciplinas que integran la investigación (Elaboración propia, 2011)

2.2.2.1 Física

En general la palabra física proviene del vocablo griego *physis*, el cual significa *naturaleza* y fue introducido por Aristóteles hace poco más de 2,300 años. En la antigua Grecia, la física reunía todos los conocimientos acerca de la *Naturaleza* (DRAE, 2011).

Pero a medida que fue ampliándose lo que el hombre conocía, de aquella física se desprendieron diversas ramas. Hoy día, son numerosas las ciencias que estudian sistemas y cambios relativos a la Naturaleza: química, biología, geografía, etc. La física, tal como hoy

se conoce, tiene una corta edad, no más de cuatro siglos. Su origen se puede ubicar en la época en que vivieron *Galileo Galilei* e *Isaac Newton*, dos grandes físicos (Bragado, 2003). Desde entonces, la física investiga sistemas y cambios relativos a la Naturaleza, *fundamentales*, que están en la base de sistemas y cambios estudiados por otras ciencias y diversas ramas de la tecnología: *sistemas* como los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos que nos rodean, las moléculas y los átomos, los planetas, las estrellas y las galaxias; y *cambios* como el movimiento, los procesos térmicos, eléctricos, magnéticos y luminosos (Delgado, 2008).

2.2.2.1.1 El espectro electromagnético

El espectro electromagnético es una de las características básicas de la física, es la forma más conocida de energía electromagnética es la luz del Sol. La frecuencia de la luz solar (luz visible) es la línea divisoria entre la radiación ionizante (rayos x, rayos cósmicos), más potente y de frecuencias más altas, y la radiación no ionizante, más benigna y de frecuencias más bajas. Hay un espectro de radiación no ionizante. Donde en el extremo superior, justo por debajo de la luz visible, está la radiación infrarroja. Más abajo se encuentra la amplia gama de radiofrecuencias, que incluye (en orden descendente) las microondas, la radio celular, la televisión, la radio FM y AM, las ondas cortas utilizadas en calentadores dieléctricos y de inducción y, en el extremo inferior, los campos con frecuencia de red eléctrica. El espectro electromagnético se representa en la Figura 2.12. El espectro electromagnético se divide en dos regiones principales, la región ionizante y la no ionizante, con las subdivisiones indicadas en la Figura 2.15 (Caldewell, 1971).

El término *radiación* significa simplemente energía transmitida por ondas. Las ondas electromagnéticas son ondas de campos eléctricos y magnéticos, cuyo movimiento ondulatorio se define como propagación de perturbaciones en un sistema físico. Todo cambio en el campo eléctrico va acompañado de un cambio en el campo magnético y viceversa. Estos fenómenos fueron descritos en 1865 por J.C. Maxwell en cuatro ecuaciones que ahora se conocen como ecuaciones de Maxwell.

Toda radiación puede expresarse por su longitud de onda (λ) en metros y su frecuencia (Hz). La radiación no ionizante es la de longitud de onda superior a los 100 nm aproximadamente, cuya energía es demasiado baja para ionizar materia. La frecuencia se define como el número de cambios completos por segundo del campo eléctrico o magnético en un punto dado, y se expresa en hertzios (Hz). La longitud de onda es la distancia entre dos crestas o dos valles consecutivos de la onda (máximos o mínimos) (Fontal, 2005).

La radiación no ionizante (RNI) engloba toda la radiación y los campos del espectro electromagnético que no tienen suficiente energía para ionizar la materia. Es decir, la RNI es incapaz de impartir suficiente energía a una molécula o un átomo para alterar su estructura quitándole uno o más electrones. La división entre la RNI y la radiación ionizante suele establecerse en una longitud de onda de 100 nanómetros aproximadamente (Bengt, 2001).

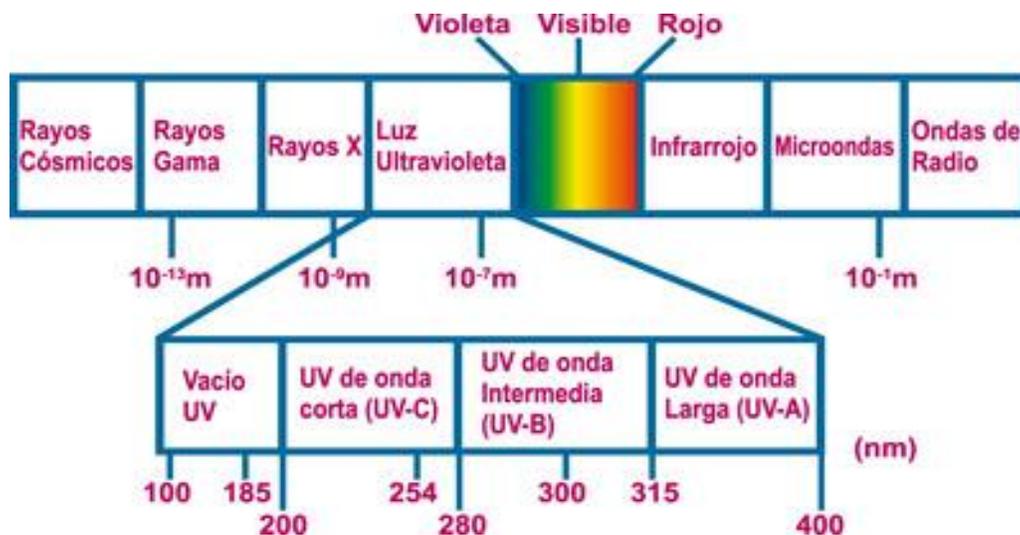


Figura 2.15. Espectro electromagnético (Fontal, 2005)

2.2.2.1.2 La radiación ultravioleta (UV)

Que significa “más allá del violeta”, la luz visible (Vis) y el infrarrojo (IR) forman parte de la región óptica del espectro electromagnético. El UV tiene longitud de onda menor que la región visible, pero mayor que los rayos X suaves. El UV se subdivide en UV cercano

(370- 200 nm de longitud de onda) y UV extremo ó del vacío (200- 10 nm). Al considerar los efectos de la radiación UV en la salud humana y el medio ambiente, el UV frecuentemente se subdivide en UVA (380-315 nm), también llamado de Onda Larga ó “luz negra” (invisible al ojo), UVB (315-280 nm), también llamado Onda Media y UVC (< 280 nm), también llamado de Onda Corta ó “germicida” (Guerrero y Barbosa, 2004; Fontal, 2005; Rivera *et al.*, 2007).

El Sol es la principal fuente de luz visible en el planeta Tierra. El Sol emite radiación UV en las bandas UVA, UVB y UVC, pero debido a la absorción en la *capa de ozono* de la *atmósfera*, el 99% de la radiación UV que llega a la superficie terrestre es UVA (La región UVC es la responsable de la generación del ozono). El vidrio ordinario es transparente al UVA, pero opaco a las longitudes de onda más cortas (Sílica o cuarzo, dependiendo de la calidad son transparentes, aun a UV del vacío. Otros materiales transparentes son el zafiro y el fluoruro de litio (LiF). La región de UV del vacío, por debajo de 200 nm, se debe a que el aire ordinario es opaco por la fuerte absorción del oxígeno. El nitrógeno es transparente en el rango de 150 -200 nm (Fontal, 2005).

La radiación UV tiene, también, efectos destacados sobre las proteínas y ácidos nucleicos. Mediante dosis elevadas de UVB, pueden desnaturalizarse las proteínas, que, si son esenciales, pueden producir la muerte biológica. Este efecto se utiliza para esterilizar el agua y la sangre, para trabajar en cámaras de cultivos celulares o similares, y para mantener estéril el instrumental procedente de autoclaves, mediante la irradiación en vitrinas con luz UV. Esta acción bactericida se consigue con longitudes de onda inferiores a los 290 nm (UV-C) (Stevens *et al.*, 1998).

2.2.2.1.2.1 Características físicas

La principal característica de la radiación UV es la posibilidad de producir excitaciones en los átomos, que provocan reacciones químicas. En éstas se basan los diferentes efectos, que son dependientes de la energía, es decir, de la longitud de onda. Para la correcta aplicación de UV con fuentes artificiales, hay que tener en cuenta aspectos físicos generales de la

fototerapia, como la ley del inverso del cuadrado de la distancia y la ley del coseno de Lambert. Según la primera, la intensidad del haz decrece proporcionalmente a $1-d^2$, lo que significa, por ejemplo, que reducir la distancia de la fuente a la mitad aumenta la dosis cuatro veces más. La ley del coseno determina que la máxima intensidad se obtenga en la incidencia perpendicular sobre la piel y que, conforme más oblicua sea la incidencia de la radiación, su intensidad disminuya en función del coseno del grado de desviación (Portero S.).

2.2.2.1.2.2 Fuentes de radiación ultravioleta

Dentro de las fuentes de radiación se manejan las lámparas de UV, de baja presión, y de mediana presión (Bintsis *et al.*, 2000).

- **Lámparas de UV:** Para producir radiación, se emplean lámparas de mercurio de baja o media presión. Las lámparas pueden estar suspendidas fuera del líquido o sumergidas en él. En el caso de tratarse de lámparas sumergidas, se encamisan en tubos de cuarzo para evitar el efecto refrigerante del líquido que se halla a su alrededor. En general, los sistemas de desinfección UV se pueden dividir en tres categorías basándose en los parámetros de operación interna de las lámparas de UV: baja presión-baja intensidad, baja presión-alta intensidad y mediana presión-alta intensidad.
- **Lámparas UV de baja presión-baja intensidad:** Ésta lámpara de mercurio tiene la ventaja de que el 85% de la luz emitida es monocromática, haciéndola una opción eficiente para el proceso de desinfección. Cuenta con una longitud de onda de 253.7 nm, valor que se encuentra dentro del intervalo óptimo para la obtención de efectos germicidas, el cual es de 250 a 270 nm. En todos los casos, las lámparas de mercurio son utilizadas para generar las longitudes de onda de la región del UV-C. La longitud típica de las lámparas oscila entre 0.75 y 1.5 m, con un diámetro entre 15 y 20 mm. La potencia de salida de estas lámparas es de alrededor de 25 a 27 Watts a 254 nm.

- **Lámparas UV de mediana presión-alta intensidad:** Estas lámparas de UV se han venido desarrollando en los últimos 15 años. Entre el 27 al 44% de la energía total de éstas lámparas se encuentra dentro del rango germicida de la longitud de onda del UV-C. Solamente entre el 7 y 15% de la potencia de salida se encuentra cerca de los 254 nm. Sin embargo, las lámparas de mediana presión-alta intensidad generan aproximadamente de 50 a 100 veces la potencia de UV-C de salida de las lámparas de baja presión-baja intensidad.

2.2.2.1.2.3 Definición de la dosis UV

La efectividad de la desinfección por medio de rayos UV está basada en la dosis de UV a la cual los microorganismos son expuestos. Las Dosis de UV se determinan por la intensidad de la fuente de luz y el tiempo que la luz está en contacto con la superficie y puede ser calculada a partir de la siguiente fórmula (Sastry *et al.*, 2002):

$$D = L (T)$$

Donde, D = dosis, L = intensidad aplicada, y T = tiempo de exposición. La intensidad de la luz se ve afectada por la distancia de la fuente y de la muestra. Como resultado, la dosis total puede ser aumentada drásticamente mediante la colocación de la fuente más cercana a la muestra (Bachmann, 1975). Como se puede ver en la ecuación anterior, la dosis de UV puede variar simplemente cambiando la intensidad o el tiempo de exposición.

2.2.2.1.2.4 Ventajas y desventajas de la luz ultravioleta

De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental (EPA), se enlistan la tabla 2.1 las ventajas y desventajas del uso de radiación ultravioleta (EPA, 1999):

Tabla 2.1. Ventajas y desventajas del uso de luz ultravioleta (EPA, 1999)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Es eficaz para la desactivación de la mayoría de virus y esporas. • Es más un proceso físico que una desinfección química, lo cual eliminan la necesidad de generar, manejar, transportar, o almacenar productos químicos tóxicos, peligrosos o corrosivos. • No existe ningún efecto residual que pueda afectar a los seres humanos o cualquier organismo acuático. • Es de uso fácil para los operadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • La baja dosificación puede no desactivar efectivamente algunos virus y esporas. • Algunas veces los organismos pueden reparar o invertir los efectos destructivos de la radiación UV mediante un mecanismo de reparación, también conocido como fotoreactivación o, en ausencia de radiación, como “reparación en oscuro”. • Un programa de mantenimiento preventivo es necesario para controlar la acumulación de sólidos en la parte externa de los tubos de luz.

2.2.2.2 Biología

La Biología es una disciplina que pertenece a las Ciencias Naturales. Su principal objetivo es el estudio del origen, de la evolución y de las propiedades que poseen todos los seres vivos. La palabra biología deriva del griego y significa “estudio de la vida, de los seres vivos” (*bios* = vida y *logia* = estudio, ciencia, tratado).

La Biología es una ciencia que incluye diversas disciplinas que en ocasiones se tratan de manera independiente. La biología molecular y la bioquímica estudian la vida a partir de las moléculas, mientras que la biología celular o citología lo hacen a partir de las células. La anatomía, la histología y la fisiología realizan el estudio desde un aspecto pluricelular. Es por ello que la Biología debe considerarse como un conjunto de ciencias, puesto que los seres vivos pueden ser estudiados a partir de diferentes enfoques. Ese conjunto de ciencias forma parte de las Ciencias Biológicas, donde se incluyen la morfología, la fisiología, la microbiología, la genética, la patología, la taxonomía y muchas disciplinas más, para esta tesis se hizo necesario conocimiento sobre la fitopatología y la fotobiología (Buican, 1995).

2.2.2.2.1 Fitopatología

La fitopatología es la ciencia que estudia los organismos y las condiciones medioambientales que provocan la enfermedad, proceso de la enfermedad, la interacción entre el agente patógeno y planta infectada y los métodos de prevención, métodos para disminuir el daño de la enfermedad y los métodos para controlar las enfermedades (Agrios, 2002).

Según APS: estudia los agentes que ocasionan enfermedades en la planta, los procesos, interacciones y métodos para su prevención, reducción y control antes o después de que se desarrollen estas. En función de su naturaleza, ¿Qué es enfermedad?: disfunción de un proceso, causada por una acción continuada, con efectos nocivos para el sistema viviente y resulta de la manifestación de síntomas.

En función de sus consecuencias, ¿Qué es enfermedad?: alteración fisiológica o anormalidad funcional nociva para una planta o para cualquiera de sus partes o productos o que reduce su valor económico (SMF, 2011). Además se revisó la literatura correspondiente a enfermedades de las plantas, comportamiento de los hongos, pruebas para detectar patógenos en semillas (prueba en placas de agar, prueba de congelación y papel filtro), inoculación de granos de maíz, micotoxinas, identificación de hongos a nivel de género y especie, claves taxonómicas de los hongos y agentes causantes de enfermedades.

2.2.2.2.2 Fotobiología

La Fotobiología es principalmente una rama de la Biología. La Fotobiología es la ciencia que estudia el efecto de la radiación no ionizante sobre los sistemas vivos (Bonet, 2002). El enfoque ecológico incluye estudios sobre los efectos de la radiación solar sobre los diversos ecosistemas y organismos.

La Fotobiología estudia las radiaciones cuya longitud de onda se encuentra entre 200 – 800 nm, y con alteraciones en biomoléculas que afectan la viabilidad o funciones de la materia viva. La energía de fotones en la región ultravioleta (200-400 nm) y algunas veces la visibles (400-700 nm) es suficiente para causar excitación electrónica de moléculas cromóforas específicas, conduciendo a reacciones químicas, por lo que la radiación ultravioleta y visible ofrecen la posibilidad de causar reacciones fotoquímicas (Parrish y Thomas, 1984). La interacción de la luz con sistemas biológicos causa un amplio espectro de efectos los cuales pueden ser divididos en dos grupos (Karu, 1991):

- Primero. La luz láser es absorbida, reflejada o re-irradiada por la sustancia así que no ocurren cambios adentro de éste.
- Segundo. La radiación visible y ultravioleta puede excitar estados electrónicos en moléculas, y efectos fotobiológicos específicos que ocurren debido a la excitación de cromóforos en células. Este grupo de efectos abarcan la fotobiología molecular y la fotomedicina (Karu, 1987).

2.2.2.2.3 Biofísica

La Biofísica es una sub-disciplina de la Biología que estudia los principios físicos subyacentes a todos los procesos de los sistemas vivientes. Otra definición que se le da a la biofísica es una ciencia *reduccionista* porque establece que todos los fenómenos observados en la naturaleza tienen una explicación científica predecible. Y finalmente la biofísica no es una rama de la física, sino de la biología. La biofísica explica los fenómenos biológicos aplicando los principios fundamentales de la naturaleza.

La biofísica como una ciencia pura, fundamental, también es una ciencia aplicada. Para entender a los sistemas vivos, la comprensión de la naturaleza y de las características de lo vivo es esencial. Tal saber es el propósito de la biología y de sus múltiples ramas, y se han logrado grandes éxitos en este sentido. No obstante, llegó un momento en que el desarrollo de la biología se tornó imposible sin la utilización de las aproximaciones físicas y del

arsenal de los conocimientos físicos acumulados, es decir, sin la biofísica (González e Ivanovich, 2005).

2.2.2.3 Estadística

La estadística es la ciencia de los datos; implica la colección, clasificación, síntesis, organización, análisis e interpretación de los datos (Mendenhall y Sinchich, 1997). La ciencia de la estadística suele aplicarse a dos tipos de problemas: Resumir, describir y explorar datos y Utilizar datos de muestra para inferir la naturaleza del conjunto de datos del que se escogió la muestra.

La estadística se divide en dos grandes áreas:

- La **estadística descriptiva**, se dedica a la organización, síntesis y descripción de conjuntos de datos.
- La **estadística inferencial**, que se ocupa de utilizar de muestra para inferir algo acerca de una población. Estas inferencias pueden tomar la forma de respuestas a preguntas si/no (prueba de hipótesis), estimaciones de características numéricas (estimación), pronósticos de futuras observaciones, descripciones de asociación (correlación) o modelamiento de relaciones entre variables (análisis de regresión). Otras técnicas de modelamiento incluyen ANOVA (Hernández, 2010: notas de clases).

Dentro de la estadística inferencial fue necesario ampliar conocimiento sobre el diseño de experimentos, el cual es un método aleatorio para asignar tratamientos a las unidades experimentales; particularmente en bloques completos al azar, el cual se usa cuando las unidades experimentales son homogéneas, y la variación entre ellas es muy pequeña. En esta tesis se realizó experimentos con condiciones ambientales controladas Para lo que fue el análisis de los datos se utilizó el análisis de varianza, que fue introducido por Sir Ronald Fisher que es un procedimiento aritmético que consiste en desdoblar las suma de cuadrados total en fuentes de variaciones reconocidas, con todo y la variación que no se pudo medir (proveniente de la variabilidad inherente al material experimental o de la falta de homogeneidad del ambiente donde se realizó el experimento) (Padrón, 1996).

2.2.2.4 Agronomía

La Agronomía como campo de conocimiento y como profesión, surgió a mediados del siglo XIX, como una disciplina cuyo objeto de trabajo es la agricultura y la ganadería. Uno de sus propósitos ha sido el incremento de la productividad y el mejoramiento del nivel de vida de la población rural. Es la ciencia cuyo objetivo es mejorar la calidad de los procesos de la producción y la transformación de productos agrícolas y alimentarios; fundamentada en principios científicos y tecnológicos; estudia los factores físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales que influyen o afectan al proceso productivo. Su objeto de estudio es el fenómeno complejo o proceso social del agroecosistema, entendido éste como el modelo específico de intervención del hombre en la naturaleza, con fines de producción de alimentos y materia prima (Nieto-Cataveo, 1999).

En este capítulo, se definió el marco metodológico desde la perspectiva sistémica-transdisciplinaria, por otro lado se describió los elementos del marco teórico de la investigación, aunado a las disciplinas participantes: la Sistémica, la Física, la Biología, la Estadística y la Agronomía, y se da paso al capítulo 3, en donde se establecerá el marco metodológico y el marco teórico de la investigación.

*APLICACIÓN DE LA
METODOLOGÍA*

*“ La obra humana más bella
es la de ser útil al prójimo. ”.*

Sófocles

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En el presente capítulo, se realizó la aplicación de la metodología descrita en el capítulo dos, donde se detallan cada una de las fases propuestas. Partiendo del conocimiento del mundo real que permitió ir focalizando la problemática hasta llegar a la situación actual y sus necesidades. Seguido por la Fase II Investigación del sujeto que investiga, donde se hace una conciencia de trabajo y una auto observación, para conocer las cualidades, las fuerzas que obedecen, las actitudes y virtudes, qué tanta capacidad tienen para observar y evaluar, todo esto para conocer y enfocar la forma de abordar el problema y de esta manera elegir cuál será su contribución en la investigación, limitando las fronteras para emprenderla.

Una vez limitado las fronteras de la investigación se realizó la planeación de la Fase III Investigación Experimental, en ella se desarrollaron cuatro actividades experimentales, siguiendo el método científico, respondiendo siempre a las preguntas: ¿Qué hizo?, ¿Por qué? ¿Para qué lo hizo?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, y ¿Cuándo lo hizo?, ¿Qué sucedió?, ¿Qué encontró?, y ¿Qué aprendió al hacerlo? (Hernández, 2010: notas de clases). Aunado a la integración de disciplinas y al aprendizaje- conocimiento que deja cada actividad.

3.1 Fase I. Investigación de campo (definición del problema-focalización mundo real)

Para esta fase de la metodología (Figura 3.0), como se explicó en el capítulo 2 de ver el todo y lo global para después centrarse en el caso de estudio. Se parte de un conocimiento de la realidad: problemática mundial, pasando a la problemática que se vive en México y posteriormente a la que se vive en una de las delegaciones Gustavo A. Madero (GAM) que pertenece al Distrito Federal (D.F.) para llegar al caso particular en la que se participa en esta Tesis. Formulando y contestando preguntas que ayudan a focalizar la problemática, por ejemplo: ¿Cómo se define el problema a investigar?, ¿Se ha incluido a personas que viven el problema y a qué lugares visitar?, ¿Qué otras fuentes consultar?, ¿Qué sectores se ven

involucrados?, etc. Para dar respuesta a las anteriores preguntas, se realizó investigación de campo, donde se involucran a los personajes que viven la problemática, y a investigadores de diferentes disciplinas. Como herramienta se llevó a cabo un plan de actividades, diagramas de procesos, formulación de entrevistas y representación de la interconexión en (RED) de los personajes involucrados. Se realizó la investigación documental de lo que se ha hecho en el mundo, para la solución de la problemática, identificando lo que se ha hecho y lo que no se ha hecho para tener evidencia y proponer qué hacer. Todo lo anterior dio soporte a la originalidad de la aportación, para posteriormente volver al laboratorio Fase III. Investigación Experimental a buscar soluciones del problema, donde se planeó el objetivo específico (pregunta de investigación) para la primera actividad experimental, planteando las hipótesis, respectivas y se formulan nuevas preguntas de investigación siguiendo un proceso cibernético (retroalimentación). Como se observa, el proceso de investigación experimental se realizó en forma cibernética como se observa en la Figura 2.6.

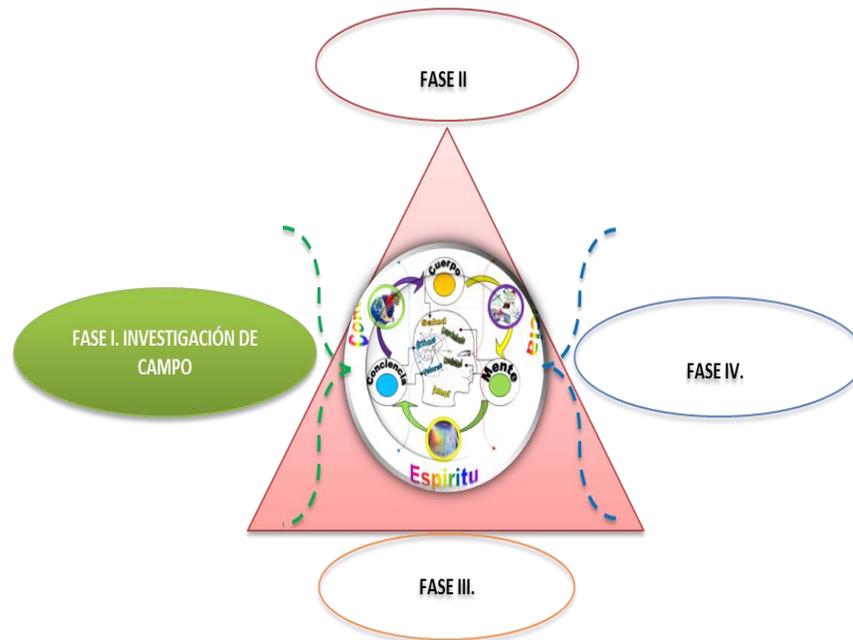


Figura 3.0. Fase I. Investigación de campo (Focalización de la problemática-mundo real) (Elaboración propia, 2012)

Para dar respuesta a la definición del problema a investigar, se descompuso el problema cuantas veces fuese necesario, partiendo con problemáticas mundiales. Por citar algunos de los problemas que se viven a nivel mundial; se tiene la guerra, pobreza extrema,

afectaciones a violencia del reino animal, medio ambiente, el abuso de poder, terrorismo, desnutrición y la hambruna, asociado a éstos, se encuentran el sobrepeso y la obesidad como factor antecedente o concomitante a otras enfermedades como la diabetes y la hipertensión, como lo reporta la organización mundial de la salud (OMS, 2010). Aunado a la salud pública, donde el 40% de la población no tiene acceso a una asistencia sanitaria profesional (OMS, 2010). Mientras las enfermedades infecciosas y la desnutrición son las principales causas de muerte en el tercer mundo, los países industrializados sufren importantes enfermedades crónicas y degenerativas (enfermedades cardiovasculares, neoplasias) que se conocen con el nombre de enfermedades de la civilización (Figuroa *et al.*, 2008b). Por otro lado, se tiene el calentamiento global que repercute en el cambio climático (IPCC, 2007), la crisis alimentaria, que atañe directamente a la alimentación, y sus enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs), estas son una causa importante de mortalidad en todos los países, incluidos los desarrollados como los Estados Unidos de Norteamérica (EUA). Siendo la crisis alimentaria uno de los problemas más importantes. En el mundo existe una gran variedad de enfermedades debido al consumo de alimentos contaminados (OMS, 2010). En México existe una gran variedad de alimentos y bebidas que son producidos y consumidos en los diferentes estados de la república mexicana. Algunos de estos alimentos son producidos en varios Estados y se han vuelto representativos de toda una región; como es el caso de la tortilla (Castro *et al.*, 2008). En la Figura 3.1 se muestran algunos de los problemas a nivel mundial que reducen su desarrollo económico y alimentario.

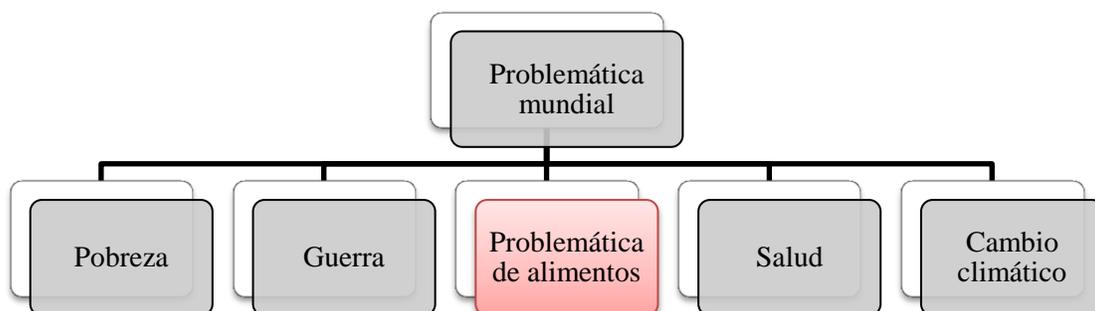


Figura 3.1. Visión rica de los factores que influyen en la problemática a nivel mundial (Elaboración propia, 2011)

En este escenario de todas la problemáticas que vive el mundo y en particular México, se consideró importante en este trabajo de Tesis estudiar la problemática de alimentos (Figura 3.2); particularmente en uno de los alimentos básicos para el mexicano como lo es el maíz (*Zea mays* L.). El maíz (*Zea mays* L.) es el principal alimento del pueblo mexicano, consumido principalmente en forma de tortilla (Zepeda *et al.*, 2002; Coutiño *et al.*, 2008). Donde se destina más del 50% de la producción nacional a la elaboración de este producto (SIAP, 2010b). No obstante, a pesar de que la tortilla es un alimento básico para el pueblo de México y para muchos otros países Latinoamericanos. Existe muy poco avance en la tecnificación del proceso de producción y manejo higiénico de este producto. Más aun, prácticamente no existe información publicada en revista científicas sobre diferentes aspectos de la tortilla como por ejemplo, deterioro, higiene y calidad sanitaria de tortillas que se producen en los países consumidores. Así por ejemplo, no se conoce si la tortilla es vehículo de bacterias, hongos, virus o parásitos patógenos al humano, ni qué tipo de microorganismos se pueden encontrar asociados a esta, ni su comportamiento en la tortilla, ni hay registros de brotes asociados a su consumo. Sin embargo, debido a que las tortillas son un producto que se encuentra expuesto a múltiples fuentes de contaminación durante todo el proceso de elaboración y además debido a la forma en que comúnmente se producen las tortillas, es de esperar la presencia de agentes patógenos en el producto final (Castro *et al.*, 2008).

Las características de calidad de las tortillas de maíz varían entre las diversas regiones de México, y mucho más fuera del país. La calidad de la tortilla, depende de la calidad del grano de maíz. Para tener grano de calidad, se requiere semilla de calidad, de tal forma que no solo se centra el problema de producción de maíz en sentido de rendimiento, esto es de cantidad, sino también de contar con todos los atributos biológicos, genéticos, fisiológicos y sanitarios (Basra, 1995). En términos sanitarios, la calidad del grano está influenciada por los efectos ambientales, como los factores bióticos (hongos, bacterias, insectos, etc.), abióticos (precipitación, humedad, agua, luz y temperatura), (Olakojo y Akinlosotu, 2004), y los diferentes niveles de interacción entre estos factores (Neethirajan *et al.*, 2007).

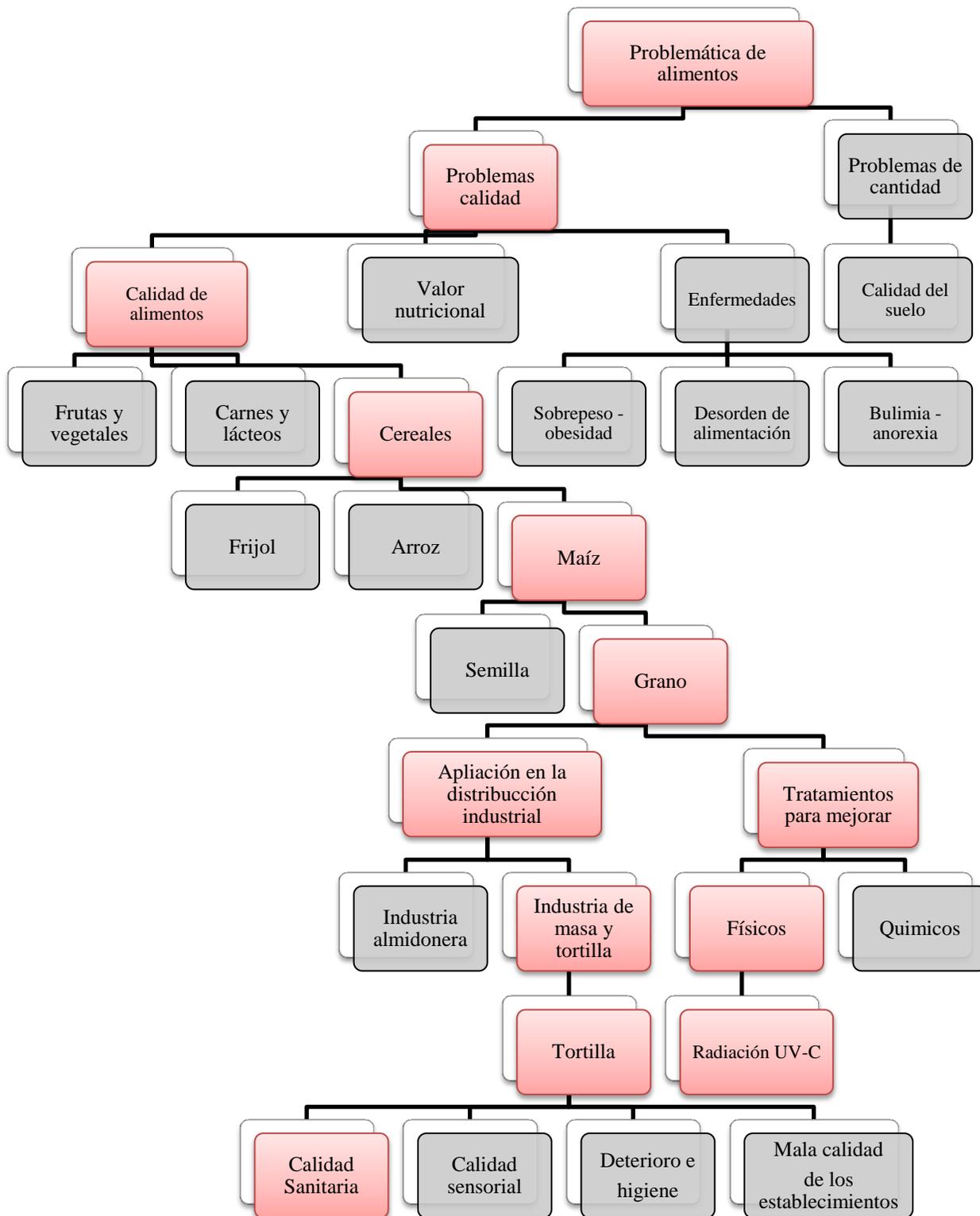


Figura 3.2. Descomposición y focalización de la problemática de alimentación en el maíz (Elaboración propia, 2011)

3.1.1 Conocimiento del mundo real

Como se mencionó en el capítulo dos de ver el todo para después focalizar en el caso de estudio. En esta investigación se realizó un estudio de la situación actual del maíz utilizado como materia prima para la elaboración de tortillas en el mundo real, efectuando tres actividades: 1. Evaluación de hongos en tortillas recolectadas en Cuauhtepc Barrio Alto (de la GAM zona objeto de estudio) de acuerdo a los resultados obtenidos se amplía la muestra y se recolectan granos de varias colonias de la zona norte de la (GAM) para 2. Evaluar su calidad sanitaria, planteando la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál será la calidad sanitaria del grano de maíz (*Zea mays* L.) que se emplea para elaborar tortilla en la zona norte de la GAM? (Figura 3.3), posteriormente se plantea una tercera actividad donde se evaluó la cantidad de fumonisinas en los granos de maíz.

3.1.1.1 Análisis de situación actual

Para el análisis de la situación actual se consideraron las características generales de la zona a evaluar como es su población, y ubicación geográfica.

3.1.1.1.1 Características generales y ubicación de la zona evaluada

La (GAM), es parte de las 16 delegaciones del Distrito Federal, está situada en el extremo norte del Distrito Federal (Figura 3.3) y forma parte de un dinámico corredor metropolitano del sector norte de la llamada Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) conformado por los Municipios de Ecatepec y Tecámac (INEGI, 2010).

Dentro del perfil Sociodemográfico se tiene que el Territorio Delegacional ocupa 8,662 hectáreas, esto representa 5.81% del área total del Distrito Federal. De este total, 7,395.44 se clasifican como urbanizadas cuyo principal uso es habitacional y comercial. De acuerdo con el proyecto del Programa Delegacional de Desarrollo Urbano en Gustavo A. Madero, el espacio urbanizado se encuentra conformado por 255 colonias en donde se encuentran 537 Unidades Habitacionales, datos de la Procuraduría Social. En cuanto a la dinámica

poblacional, considerando datos del INEGI (2005), la GAM es la segunda demarcación más poblada del Distrito Federal, con 1,185.772 habitantes, que representan 13.7% del total, de los cuales 571,233 son hombres y 614,539 mujeres, y un 26% de la población es joven (Figura 3.4) . En el mismo año, la Delegación Iztapalapa registró 1,820.888 habitantes. De las 255 colonias que conforman la delegación GAM se encuentra Cuauhtepac.

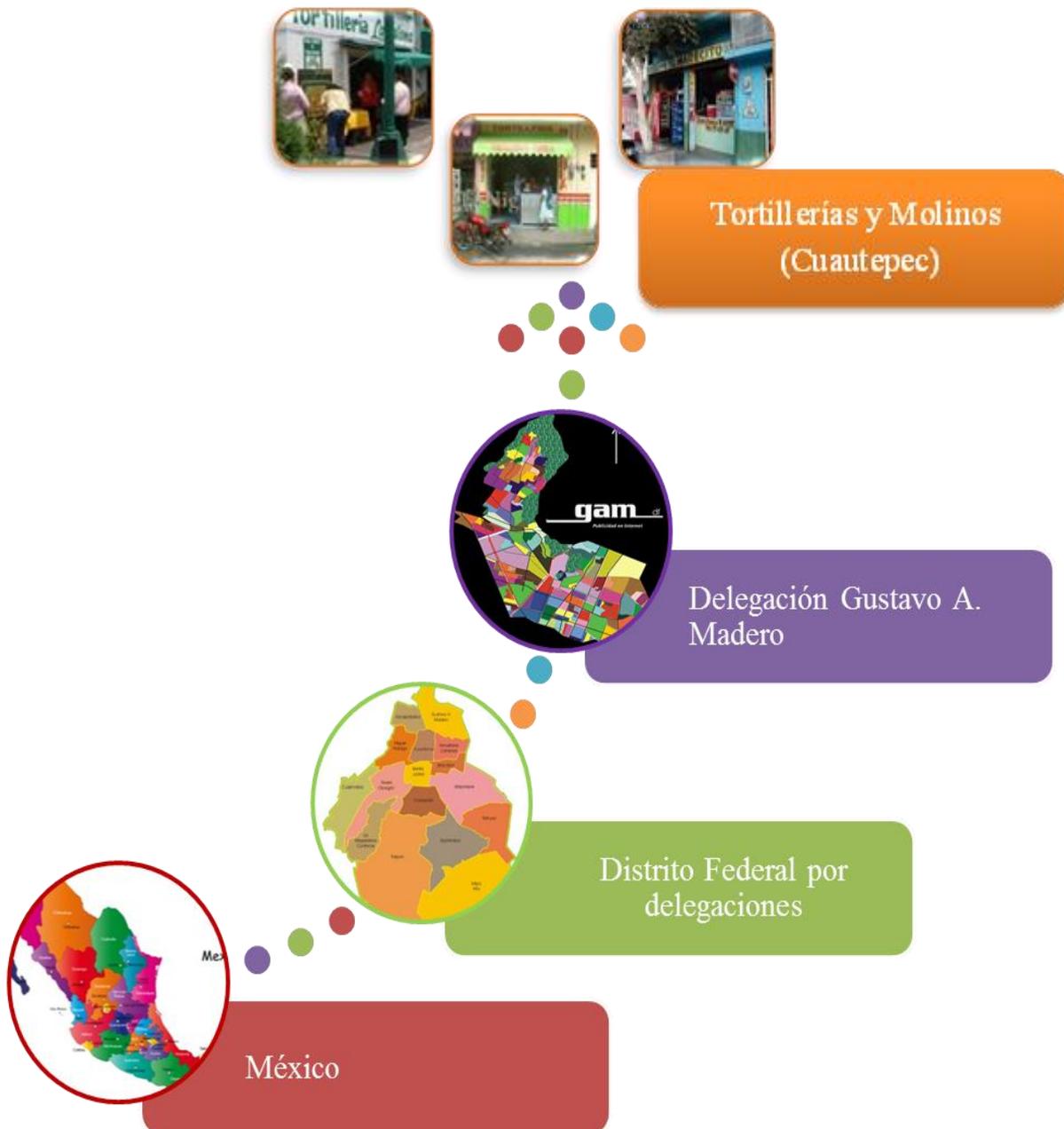


Figura 3.3. Visión rica de la ubicación zona de objeto en estudio (Elaboración propia, 2011)

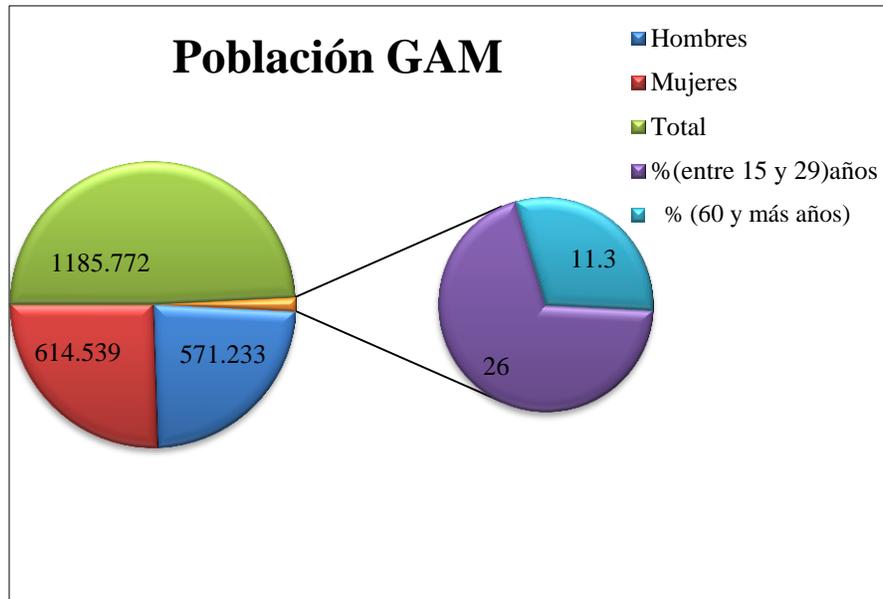
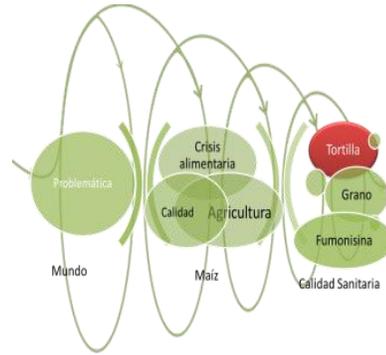


Figura 3.4. Población de la GAM (Elaboración propia en base a datos del INEGI, 2010)

La zona de Cuauhtepac (lugar donde se realizó la primera fase del estudio de campo), se encuentra ubicado entre la Sierra de Guadalupe y el Cerro del Chiquihuite, en la punta norte del Distrito Federal en la GAM, limita al norte con los municipios de: Coacalco, Ecatepec y Tultitlán y al oriente y poniente, limita con el municipio de Tlalnepantla de Baz, todos en el Estado de México y al sur está limitado con el anillo Periférico Norte-Acueducto de Guadalupe en el Distrito Federal; la altitud aproximada, varía entre los 2,200 y los 2,900 metros sobre el nivel del mar y su ubicación está en las coordenadas: Norte: 19°33'26.87 y Oeste: 99°08'07.73. El significado de Cuauhtepac, se relaciona en dos vocablos del náhuatl "cuauhtli: águila y tepetl: cerro", "En el cerro de las águilas.

3.1.1.1.2 Evaluación de la calidad fitosanitaria de tortilla y grano de maíz

El manejo inadecuado en la calidad fitosanitaria particularmente en alimentos como el maíz es una de las causas de las enfermedades originadas por la ingestión de alimentos de consumo popular y su incidencia sobre la población no han recibido suficiente atención dentro del contexto social y económico del país. Este estudio hace referencia a la evaluación fitosanitaria de las tortillas, tanto en el grano como en la misma tortilla alimento básico en el consumo urbano como en el rural.



3.1.1.1.2.1 Evaluación de hongos en tortillas en la GAM

Considerando que la tortilla continúa siendo pilar importante en la alimentación del pueblo mexicano. Según Lomelí (1996), en las clases de menores ingresos este producto aporta hasta 70% de las calorías que ingieren diariamente, pero está afectado por factores como los hongos (Figueroa *et al.*, 2008a).

3.1.1.1.2.1.1 Introducción

Alrededor del 70% de los alimentos que se consumen en el mundo son obtenidos directamente de granos, principalmente cereales, como trigo (*Triticumaestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), y maíz (*Zea mays* L.) (Montoya y Castaño, 2009). De estos cultivos el maíz es fuente de alimentación del pueblo mexicano (Zepeda *et al.*, 2009), con una producción de 23 millones de toneladas de granos de maíz anuales (SIAP, 2011). Utilizado en la elaboración de (tortillas, botanas, almidones y harinas, alimento animal, etc.); ocupando poco más de la mitad de la producción nacional para consumo humano principalmente en forma de tortilla. Existen más de 17,000 tortillerías y 2,300 molinos de nixtamal en la zona metropolitana de la Ciudad de México y más de 80,000 tortillerías y 12,000 molinos en todo el país (Industria del maíz, 2008).

3.1.1.1.2.1.2 Objetivo

Evaluar la calidad fitosanitaria en un sistema complejo como lo son las tortillas de maíz de la zona norte de la delegación Gustavo A. Madero (GAM).

3.1.1.1.2.1.3 Hipótesis

Las tortillas de maíz de la zona norte de la GAM tendrán buena calidad fitosanitaria.

3.1.1.1.2.1.4 Materiales y métodos

El estudio se realizó en una primera vuelta en el laboratorio experimental transdisciplinario del programa de Doctorado en Ingeniería de Sistemas de la Esime- Zacatenco, Distrito Federal, la segunda parte de la prueba se realizó en la Unidad Experimental de Granos y Semillas en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, bajo condiciones de laboratorio, localizado geográficamente a 19°15' N, 99°33' O, y a una latitud de 19° 40' 50'' y una longitud de 99° 12' 25''. Para esta primera prueba se utilizaron tortillas de maíz (*Zea mays* L.) obtenidas de diez tortillerías de la zona de Cuauhtepc barrio alto que corresponde a una de las colonias de GAM (Figura 3.3). El tamaño de las tortillas fue medido usando un calibrador vernier, siendo su espesor y diámetro promedio de 1.2 y 12.5 cm, respectivamente. Las características de las tortillas evaluadas fueron peso, para ello se utilizó una báscula digital (marca scout) y la presencia de hongos se determinó por la observación visual. Para la determinación de la cantidad de tortillas con hongos presentes en las muestras se dividió en dos grupos, en el primer grupo se colocaron cinco tortillas en dos cajas patológicas de dimensiones (80x80cm) con una base de papel filtro previamente humedecido con 175 ml de agua destilada y cubiertas con papel adherente, el segundo grupo fueron colocadas (las otras cinco tortillas) en cajas patológicas (30x20cm), con papel filtro sin humedecer en condiciones de oscuridad. Este procedimiento se realizó por duplicado. La observación y el conteo de número de colonias de hongos presentes en las tortillas se realizó diariamente (Figura 3.5).

3.1.1.1.2.1.5 Resultados

Los resultados de las 10 muestras evaluadas revelan que a los siete días de establecida la prueba todas las tortillas presentaron hongos bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo el experimento, siendo notoria la presencia de hongos a los tres días de establecida la prueba. Las tortillas expuestas en condiciones de humedad desarrollaron mayor cantidad de hongos y presentaron descomposición más rápido en comparación con las tortillas expuestas sin humedad y en oscuridad.

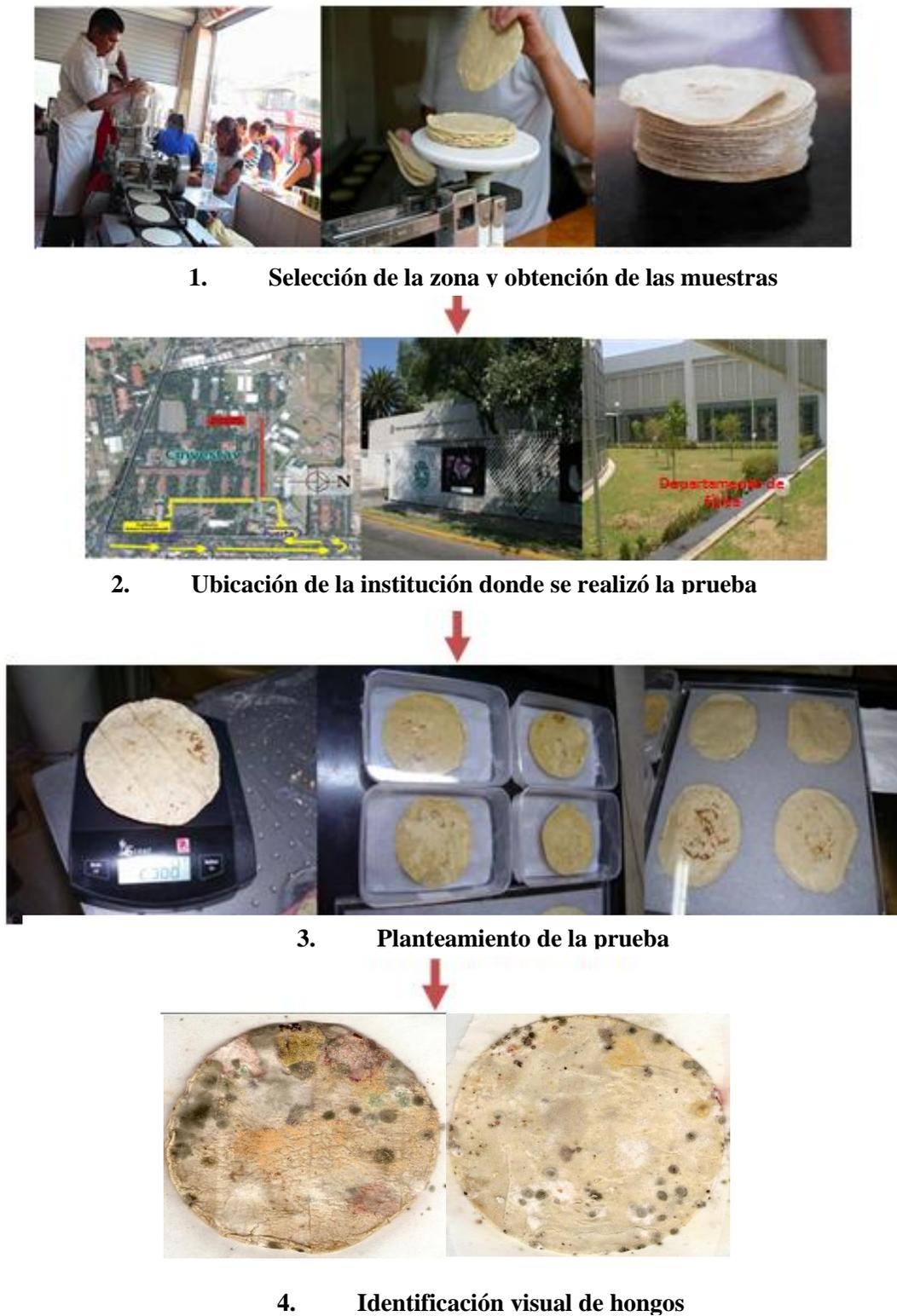


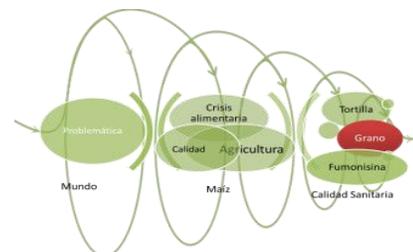
Figura 3.5. Proceso para la evaluación de hongos en tortillas en la GAM (Elaboración propia, 2011)

De este primer bosquejo de la problemática del mundo real (hongos en las tortillas de maíz) se buscan plantear soluciones y se propone una segunda prueba para el conocimiento de la situación actual de los granos de maíz utilizados para hacer tortillas.

Pregunta de investigación: ¿Cuál será la situación actual referente a la calidad sanitaria del grano de maíz (*Zea mays* L.) de la Delegación Gustavo A. Madero en la zona norte?

3.1.1.1.2.2 Evaluación de calidad sanitaria en grano de maíz

La anterior investigación de campo permitió tener un panorama de la situación actual de las tortillas de maíz y su calidad sanitaria. En vista de los resultados obtenidos se propone realizar la siguiente actividad



para conocer las características sanitarias del grano que se emplea para elaborar las tortillas. En donde se localizan dos grupos de molinos de cinco y diez colonias, respectivamente, de la zona norte de la delegación GAM para recolectar muestras de granos de maíz para evaluar la micobiota presente y así poder conocer su calidad sanitaria.

3.1.1.1.2.2.1 Introducción

La tortilla de maíz tiene alto consumo, en los hogares de menor ingreso económico (Hernández 2008), cada mexicano se dice que ingiere 90 Kg de tortilla al año (Maseca, 2009). Pero su calidad varía fuertemente ya que es influenciada tanto por parámetros de procesamiento como la nixtamalización, la molienda y el cocimiento (Rangel *et al.*, 2004; Cervantes *et al.*, 2008), así como por la calidad del grano que se utilice. La calidad del grano está relacionada con atributos: genéticos, físicos y sanitarios (Rooney y Suhendro *et al.*, 1999). Los atributos sanitarios son asociados a enfermedades y plagas, que invaden principalmente al grano (Hernández *et al.*, 2007). La infestación inicial de plagas y hongos ocurre en campo durante el período de secado del grano, previo y posterior a la cosecha y tiene una duración de uno a cinco meses. El alto contenido de humedad en el grano durante el almacenamiento, favorece el desarrollo de insectos, ácaros, hongos y otros

microorganismos, disminuyendo la cantidad y calidad alimenticia y comercial de grano (Ramírez *et al.*, 1993). El grano de maíz al ser invadido por hongos ocasiona mala calidad, y debido a la capacidad de producir micotoxinas también están relacionadas con enfermedades en humanos y animales que los consumen (Espinosa *et al.*, 2003; Macías y Peraza, 2008). En la (Figura 3.6), se podría observar el procesamiento de la tortilla de maíz, donde se distinguen los procesos llevados a cabo para la evaluación de hongos en tortillas en la GAM, donde inicialmente se seleccionó la zona y las muestras, posteriormente se tiene la ubicación donde se desarrolla la prueba experimental, para realizar el planteamiento de la prueba y finalmente obtener los resultados, todo el proceso se realizó previa planeación y diseño experimental.

3.1.1.1.2.2 Objetivo

Evaluar la presencia de hongos en los granos de maíz empleados para elaborar tortilla en Cuauhtémoc (a zona norte de la GAM).

3.1.1.1.2.3 Hipótesis

Los granos de maíz empleados para elaborar tortilla tienen hongos.

3.1.1.1.2.4 Materiales y métodos

3.1.1.1.2.4.1 Caracterización de grano de maíz

Esta actividad se dividió en dos fases. En la primera fase se recolectaron 18 muestras de granos de maíz de cinco colonias (El Arbolillo, Brecha, Forestal, Forestal 1 y Chalma), procedentes de la zona de Cuauhtémoc (investigación de campo) (Figura 3.7). Se incluyó como referencia una muestra de la misma zona que abastece a la mayor cantidad de tortillerías. El trabajo experimental se realizó en el laboratorio Sistémico Transdisciplinario de la ESIME-ZACATENCO-IPN. La fecha de siembra fue el 8 de abril del 2011. En una segunda fase se obtuvieron 30 muestras de granos de maíz (400 gr). La recolecta se realizó

en el mes de Junio de 2011 a 10 colonias de la zona norte de la GAM (Figura 3.9): Forestal, Arboleda, La Casilda, Tlapexco, Forestal 1 y 2, Del Carmen, Reclusorio Norte, Cuauhtepc Barrio Alto, Chalma, y Cuauhtepc Barrio Bajo descritas en la Tabla 3.0. Los granos fueron clasificados por tamaño empleando una criba plana y redonda No. 12/64” marca (F&F SeedCorporation). Posteriormente se realizó la determinación de micobiota en la Unidad Experimental de Granos y Semillas (FESC-Cuautitlán-UNAM).

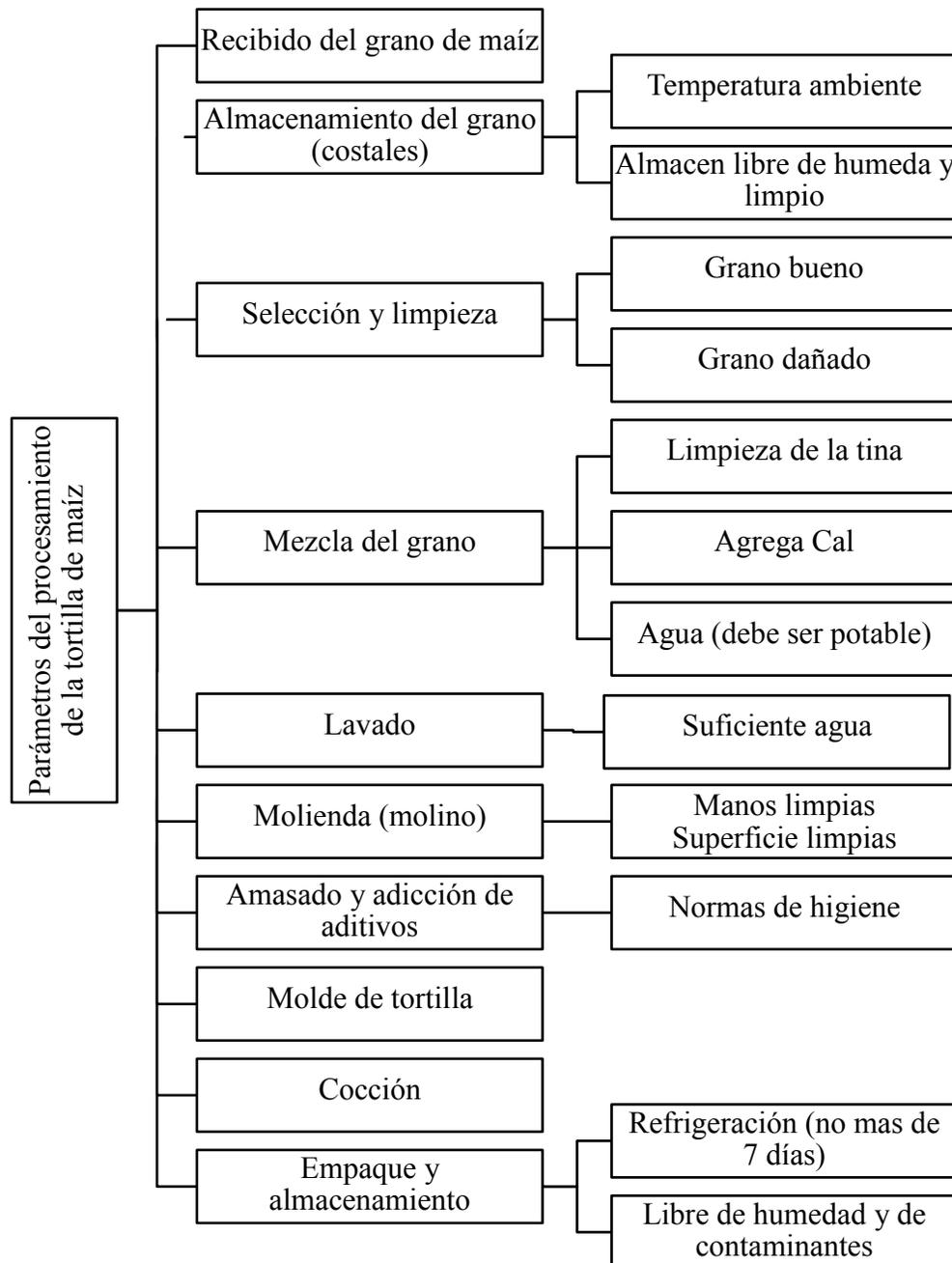


Figura 3.6. Parámetros de procesamiento de la tortilla (Elaboración propia, 2012)

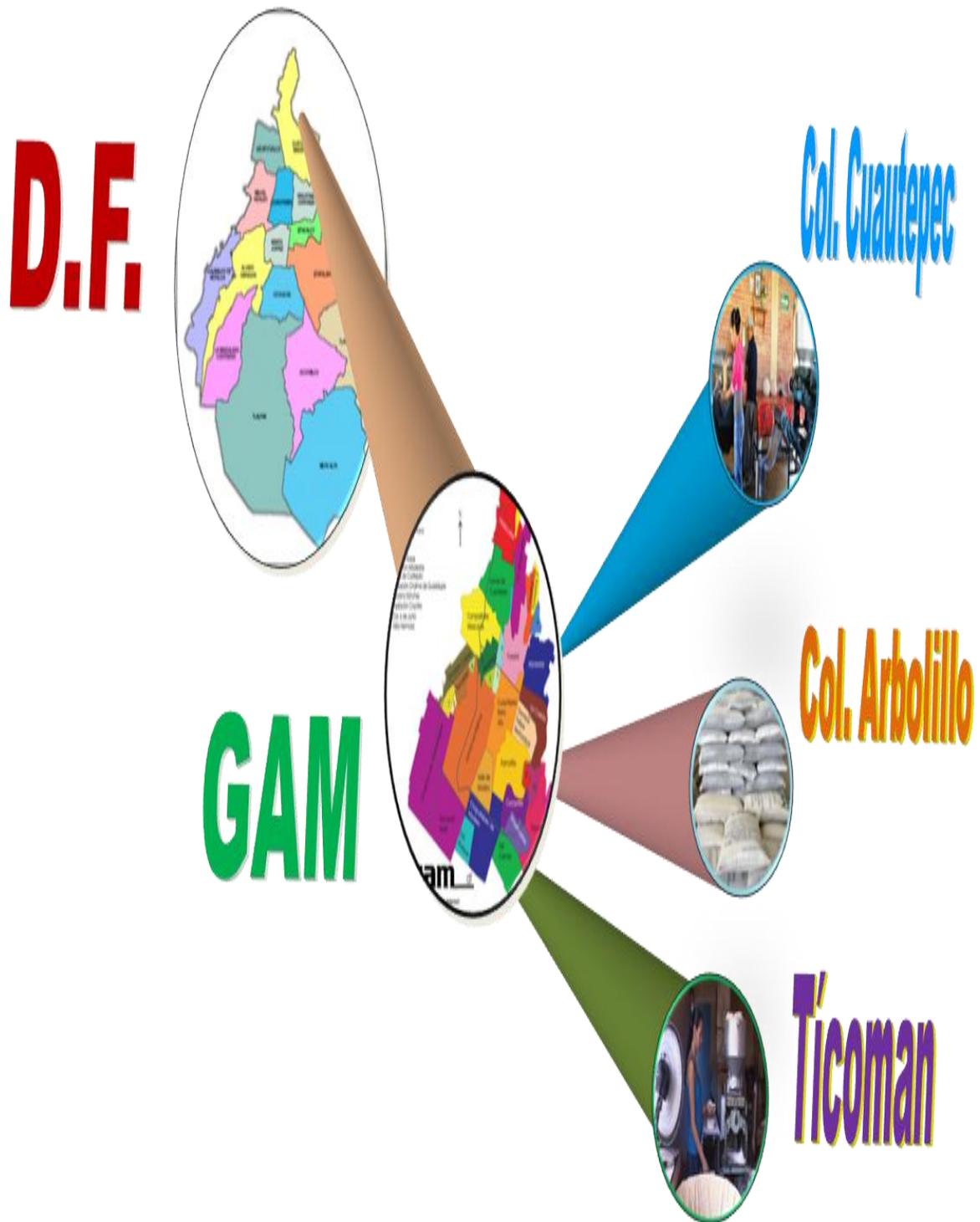


Figura 3.7. Ubicación geográfica de la zona de investigación de campo (Elaboración propia, 2011)

3.1.1.1.2.4.2 Determinación de micobiota

Para determinar la micobiota presente en el grano se utilizó la prueba “papel secante y congelación” (Neergaard, 1977). En la primera fase se colocaron los 50 granos separados por espacios uniformes en una caja transparente de plástico sobre una capa de papel secante (filtro) humedecido con agua destilada, una vez colocadas los granos dentro de las cajas, éstas se sellaron con película auto adherente. El conjunto de cajas se incubaron a temperatura promedio de 28°C durante 3 días, periodo después del cual se trasladaron a unas hieleras con una temperatura promedio de 8°C durante 24 horas, las cajas fueron regadas al tercer día de establecida la prueba con 25 ml de agua destilada. Siendo humedecidos con 10 ml de agua destilada diariamente a la misma hora. Posteriormente se volvieron a poner las cajas a temperatura ambiente a 28°C por 2 días, e inmediatamente después se realizó la evaluación y conteo de la sanidad de los granos, empleando un microscopio para cuantificar la identificación de los géneros de hongos. En una segunda fase de la prueba; se colocaron 15 granos distribuidos en forma equidistantes en cajas Petri de vidrio de (15x100 mm) previamente esterilizados, que contenían en su base dos capas de papel filtro esterilizado y saturado con 8 mL de agua destilada estéril. Posteriormente fueron llevadas a incubación a 28°C por 72 horas, transcurrido este periodo se transfirieron a congelación a -6°C por 24 horas. Después las cajas Petri fueron nuevamente colocadas a incubar a 28° C por 48 horas. Al séptimo día se procedió a cuantificar e identificar la micobiota presente por sus características morfológicas y se identificaron a nivel de género (Moreno, 1998). La incidencia de granos de maíz infectados con hongos se reportó en porcentaje. En la Figura 3.8 puede verse el método seguido para llevar a cabo la evaluación de calidad sanitaria del mundo real en granos de maíz recolectados en la zona de Cuauhtepac, desde la colecta del grano, el establecimiento de la prueba, seguimiento de esta y hasta la aparición del hongo en el grano. Cabe aclarar que se realizó previa planeación de la prueba, así como la planeación y la toma de decisión de la zona a evaluar y tortillerías a seleccionar como representativas de la zona.

3.1.1.1.2.2.4.3 Determinación de especie

Para la determinación de las especies se aislaron las cepas, se tomo una porción del hongo observado en el grano de maíz, usando una aguja de disección y se sembraron en cajas Petri 20x100 cm con Papa Destroza Agar (PDA). Las muestras se etiquetaron y se incubaron por 5 días a 25°C. Una vez realizado el aislamiento de cada una de las cepas se identificaron las especies de hongos. Se identificó las especies del género *Fusarium* que fue el género predominante en las muestras del mundo real evaluadas.

Para la identificación de *Fusarium* a nivel de especie. Se sembraron las cepas que crecieron en medio PDA en cajas Petri de 15x100 cm con papa agar preparados según Touson y Nelson (1976). Una vez sembradas en las cajas se incubaron por 7 días a fotoperiodo de 12 horas luz blanca / luz negra por 12 de horas de oscuridad. Las colonias desarrolladas se identificaron con base en las características morfológicas de cada colonia siguiendo las claves taxonómicas de Leslie y Summerell (2006).

3.1.1.1.2.2.4.4 Análisis estadístico

Se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones para la primera fase, el tamaño de la unidad experimental fue de 50 granos y, en la segunda fase se estableció igual un diseño experimental de bloques completos al azar con siete repeticiones, siendo la unidad experimental 15 granos por muestra (Montgomery, 1991; Padrón, 1996). Para la identificación de las especies se utilizaron cuatro repeticiones de 10 granos cada una. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y a las variables que presentaron diferencias significativas se les aplicó la prueba de comparación múltiple de medias usando la prueba de diferencias minimas significativas (DMS) con una probabilidad de error de ($p \leq 0.05$) mediante el procedimiento PROC GLM del Statistical Analysis System (SAS, 1998).



Figura 3.8. Proceso para la evaluación de calidad sanitaria del mundo real en granos de maíz zona Cuauhtepac (Elaboración propia, 2011)

Tabla 3.0. Procedencia de los granos de maíz de la segunda fase utilizados para el análisis de la situación actual en GAM (Elaboración propia, 2011)

MUESTRA	PROCEDENCIA	COLONIA
100*	Toluca	Forestal
2	Hidalgo	Cuautepec B. alto
3	Toluca	Cuautepec B. bajo
4	Sinaloa	Cuautepec B. bajo
5	Toluca	Cuautepec B. bajo
6	Toluca	Cuautepec B. bajo
7	Sinaloa	Arboleda
8	Hidalgo	Cuautepec B. alto
10	Toluca	La Casilda
12	Michoacán	Forestal 2
13	Sinaloa	Reclusorio norte
14	Michoacán	Forestal 2
19	Sinaloa	Arboleda
20	Toluca	Chalma
22	Sinaloa	Arboleda
23	Toluca	Chalma
24	Toluca	Del Carmen
25	Toluca	Chalma
26	Sinaloa	Forestal 2
27	Hidalgo	Cuautepec B. Bajo
29	Bajío	Chalma
31	Toluca	La Casilda
32	Michoacán	Forestal 2
34	Sinaloa	Reclusorio Norte
35	Sinaloa	Tlapexco
36	Bajío	Cuautepec B. bajo
37	Toluca	Forestal 1
38	Michoacán	Forestal 1
39	Bajío	Forestal

*= Muestra referencia

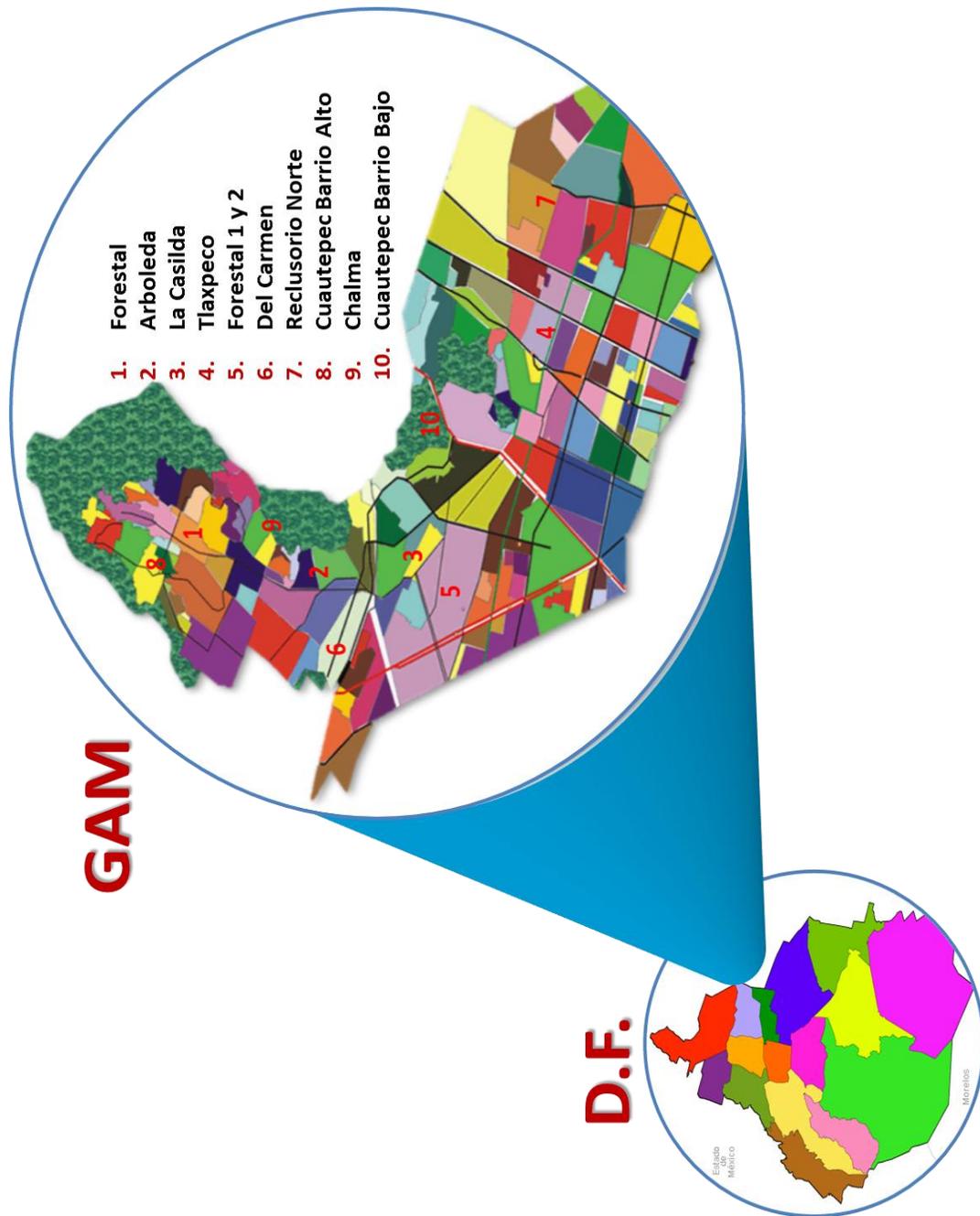


Figura 3.9. Ubicación de las colonias recolectadas prueba mundo real (Elaboración propia, 2011)

3.1.1.1.2.2.5 Resultados

En la fase uno, los resultados indican que el grano de maíz prodecente de 18 muestras de 5 colonias (El Arbolillo, Brecha, Forestal, Forestal 1 y Chalma) presentaron hongos a los siete días de establecida la prueba, se encontraron en mayor abundancia en las muestras, después de haberlas sometido a temperatura más bajas (24 horas) y volverlas a poner a temperatura ambiente, además de presentar mayor germinación. No obstante, cabe anotar que la evaluación de los hongos se retomó a los catorce días de establecida la prueba, para corroborar la cantidad y tipo de hongos presentes evidenciando un mayor desarrollo de los géneros *Penicillium spp.* y *Fusarium spp.* (Figura 3.10) (ver Anexo C).

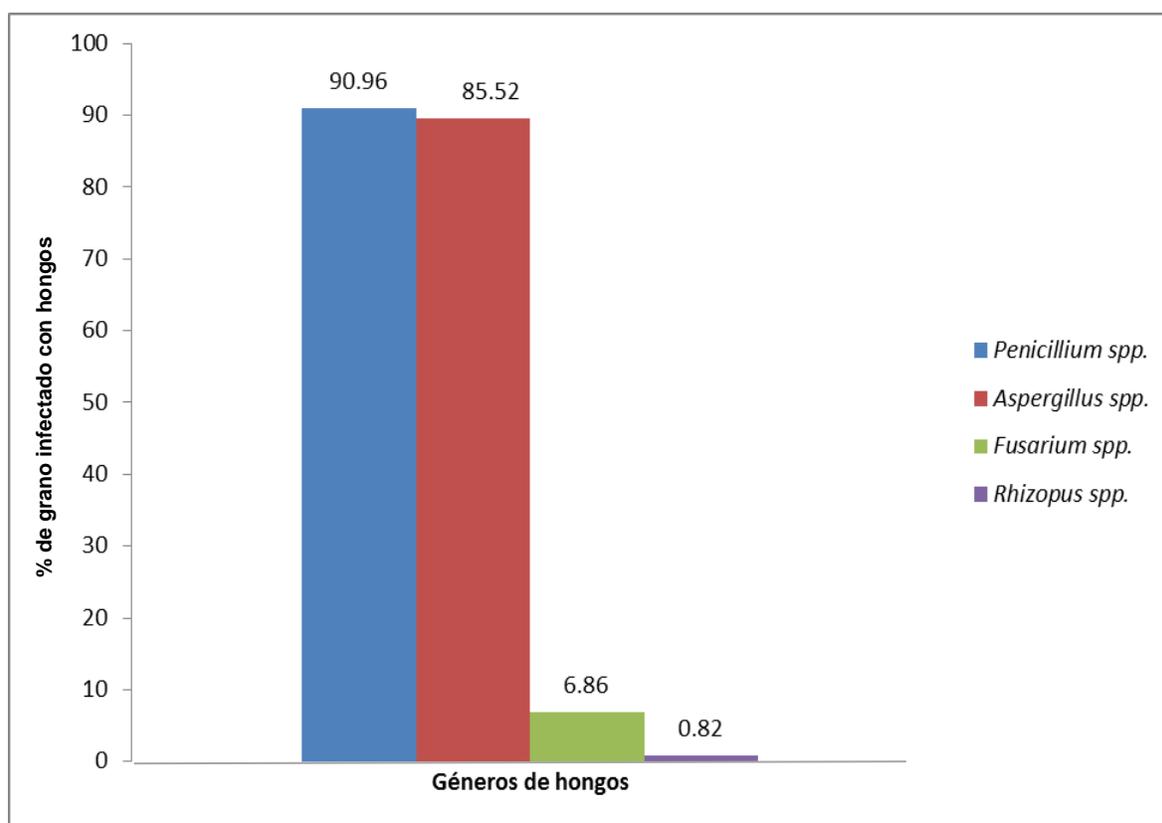


Figura 3.10. Porcentaje de grano infectado por hongos encontrados en la prueba mundo real (Elaboración propia, 2010)

En la segunda fase, los resultados del análisis de varianza para las variables estudiadas: cantidad de granos infectados con los géneros *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus*

spp., *Rhizopus spp.* y *Eurotium spp.* se muestran en la Tabla 3.1. El género encontrado con mayor presencia en los granos evaluados de la GAM fue: *Fusarium spp.* (99.8%) y en menor proporción *Penicillium spp.* (24.21%), *Aspergillus spp.* (6.57%), *Rhizopus spp.* y *Eurotium spp.* (0.72 y 0.063%), respectivamente. Para *Penicillium spp.* y *Aspergillus spp.* se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre muestras provenientes de diferentes “tortillerías”, no así para los géneros *Fusarium spp.*, *Rhizopus spp.* y *Eurotium spp.*

En la Figura 3.10, se muestra el porcentaje de grano infectado con cada uno de los géneros de hongos encontrados. Se observa que en las muestras evaluadas y bajo las condiciones en las cuales se llevo a cabo la prueba experimental, el hongo del género *Fusarium spp.* se presentó en todas las muestras, variando el porcentaje de grano infestado por este género de hongo entre 97 y 100% de cada tipo de grano evaluado, procedente de distinto lugar. Mientras que la muestra (39) procedente del Bajío mostró menor porcentaje de grano invadido con *Penicillium spp.*, la muestra (29) obtenida de la colonia Chalma presentó más del 50% de infección con respecto a la muestra testigo de referencia (No. 100) molino que distribuye a la mayor cantidad de tortillerías en la zona (Figura 3.11). Como se puede observar los géneros *Eurotium spp.*, y *Rhizopus spp.* presentaron menor presencia en los granos evaluados. Para *Aspergillus spp.* se observó mayor incidencia de infección en la muestra 36 colectada en la colonia “Forestal” y proveniente del Bajío. En la Tabla 3.2 se puede observar la comparación de medias entre las diferentes muestras de grano de maíz proveniente de distinta tortillería y distinta región de cosecha del grano de maíz.

Tabla 3.1. Análisis de varianza de la prueba de microbiota presente en 30 muestras de granos de maíz recolectados de la GAM. México, 2011 (Elaboración propia, 2011)

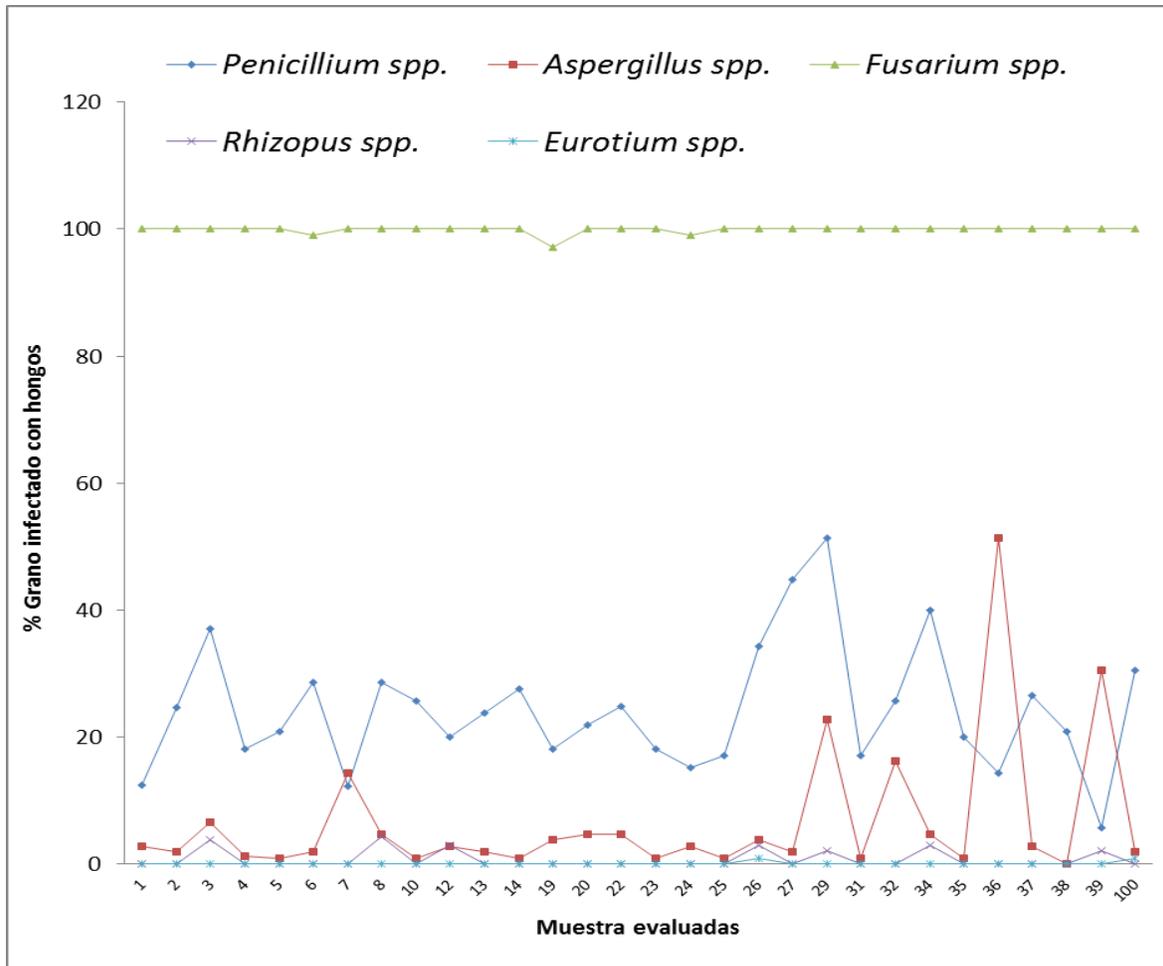
F.V.	G.L.	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Rhizopus spp.</i>	<i>Eurotium spp.</i>
Muestra	29	2.22	690.28**	839.57**	13.43	0.41
Repetición	6					
Error	174					
MEDIA						
R ²		0.15	0.30	0.68	0.20	0.15
CV		1.53	68.68	122.65	544.18	1027.63

** Diferencia minima significativa ($p \leq 0.01$).

Tabla 3.2. Comparación de medias de la prueba de micobiota presente en 30 muestras de granos de maíz recolectados de la GAM, México (Elaboración propia, 2012)

Muestras	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Rhizopus spp.</i>	<i>Eurotium spp.</i>
1	100a	12.38hg	2.85f	0b	0b
2	100a	24.75edfcg	1.90f	0b	0b
3	100a	37.12bdac	6.67ef	3.79ba	0b
4	100a	18.10ehfg	1.19f	0b	0b
5	100a	20.95ehdfg	0.95f	0b	0b
6	99.04a	28.57ebdfc	1.91f	0b	0b
7	100a	12.37hg	14.28ed	0b	0b
8	100a	28.57ebdfc	4.75f	4.44a	0b
10	100a	25.70edfcg	0.95f	0b	0b
12	100a	20.0ehdfg	2.85f	3.05ba	0b
13	100a	23.81edfcg	1.91f	0b	0b
14	100a	27.61ebdfc	0.95f	0b	0b
19	97.14b	18.10ehfg	3.81f	0b	0b
20	100a	21.91ehdfg	4.77f	0b	0b
22	100a	24.77edfcg	4.77f	0b	0b
23	100a	18.08ehfg	0.95f	0b	0b
24	99.04a	15.24hfg	2.87f	0b	0b
25	100a	17.14ehfg	0.95f	0b	0b
26	100a	34.30ebdac	3.81f	3.05ba	0.95a
27	100a	44.75ab	1.90f	0b	0b
29	100a	51.42a	22.84cb	2.14ba	0b
31	100a	17.15ehfg	0.95f	0b	0b
32	100a	25.72edfcg	16.18cd	0b	0b
34	100a	39.98bac	4.77f	3.05ba	0b
35	100a	20.01ehdfg	0.95f	0b	0b
36	100a	14.30hfg	51.42 ^a	0b	0b
37	100a	26.60ebdfc	2.85f	0b	0b
38	100a	20.95ehdfg	0.0f	0b	0b
39	100a	5.72h	30.48b	2.14ba	0b
100*	100a	30.45ebdfc	1.91f	0b	0.95a

Mediante la prueba de diferencias mínima significativa con una probabilidad de error ($p \leq 0.05$)



Medias con la misma letra no son significativamente diferentes; *= muestra referencia.

Figura 3.11. Porcentaje de grano infectado con hongos en las 30 muestras evaluadas de la GAM (Elaboración propia, 2012)

Las especies de *Fusarium* más frecuentes que se encontraron fueron: *F. moniliforme*, *F. graminearum*, *F. oxysporum* y *F. dimerium* (Tabla 3.3) de las cuales se obtuvieron un total de 22.87%, 1.91%, 6.22% y 4.70%, respectivamente. La muestras que presentaron mayor contaminación de grano invadido fue la especie *F. moniliforme* (10.25 y 7.02) que pertenece a la col. Forestal, y Cuauhtepic barrio bajo y cuya procedencia (indicó el propietario de la tortillería) fue (Toluca y Hidalgo), mientras que en la especie *F. graminearum* se observó mayor presencia en la muestra de granos de maíz de la muestra No. 8 de Hidalgo según lo indicó el propietario de la tortillería ubicada en la col. Cuauhtepic barrio Bajo. En general de las especies *F. oxysporum* y *F. proliferatum* solo se

obtuvieron tres y dos aislamientos en cada una de las muestras, respectivamente. La especie *F. dimerium* se encontró en mayor proporción en la muestra No.29 de procedencia de la zona del Bajío que distribuye al molino de la col. Chalma (4.56). Además se identificaron otras especies como *A. candidus* y *A. niger*. En la Figura 3.12 se ilustran las especies de hongos identificadas en los granos de maíz evaluado y proveniente del mundo real.

Tabla 3.3. Comparación de medias de la cantidad de especies de *Fusarium* identificadas en las 30 muestras de la GAM, Distrito Federal (Elaboración propia, 2012)

Muestras	<i>F. moniliforme</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. dimerium</i>	<i>F. proliferatum</i>
1	0.0d	0c	0c	0c	0b
2	1.43cd	0c	0c	0c	0b
3	0.0d	0c	0c	0c	0b
4	0.0d	0c	3.46a	0c	2.03b
5	0.0d	1.43bc	0c	0c	0b
6	0.0d	0c	0c	0c	0b
7	3.46bcd	1.43bc	0c	2.03c	0b
8	1.43cd	2.87a	0c	0c	0b
12	2.87cd	0c	0c	0c	0b
14	2.87cd	0c	2.87ab	0c	0b
16	0.0d	0c	1.43abc	1.43bc	0b
17	0.0d	0c	0c	1.43bc	0b
18	3.4bcd6	0c	1.43abc	3.23a	0b
20	0.0d	0c	0c	0c	0b
22	3.46bcd	0c	0c	0c	0b
23	4.30bc	0c	3.46a	2.033abc	0b
24	1.43cd	0c	0c	0c	0b
25	2.87cd	0c	0c	0c	0b
26	0.0d	0c	2.45abc	0c	0b
27	0.0d	0c	0c	1.43bc	0b
29	2.03cd	0c	1.43abc	4.56a	0b
30	0.0d	0c	0c	1.43bc	0b
31	4.29bc	0c	0.71bc	0c	0b
32	8.45a	0c	0c	0c	0b
34	1.43cd	0c	0c	0c	0b
35	2.88cd	0c	0c	0c	0b
36	7.02ab	0c	0c	1.43c	0b
37	2.71cd	0c	0c	0c	12.48a
38	2.03cd	0c	0c	0c	0b
39	10.25a	0c	1.43abc	1.43c	0b

Letras iguales en las columnas indican que no hubo diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

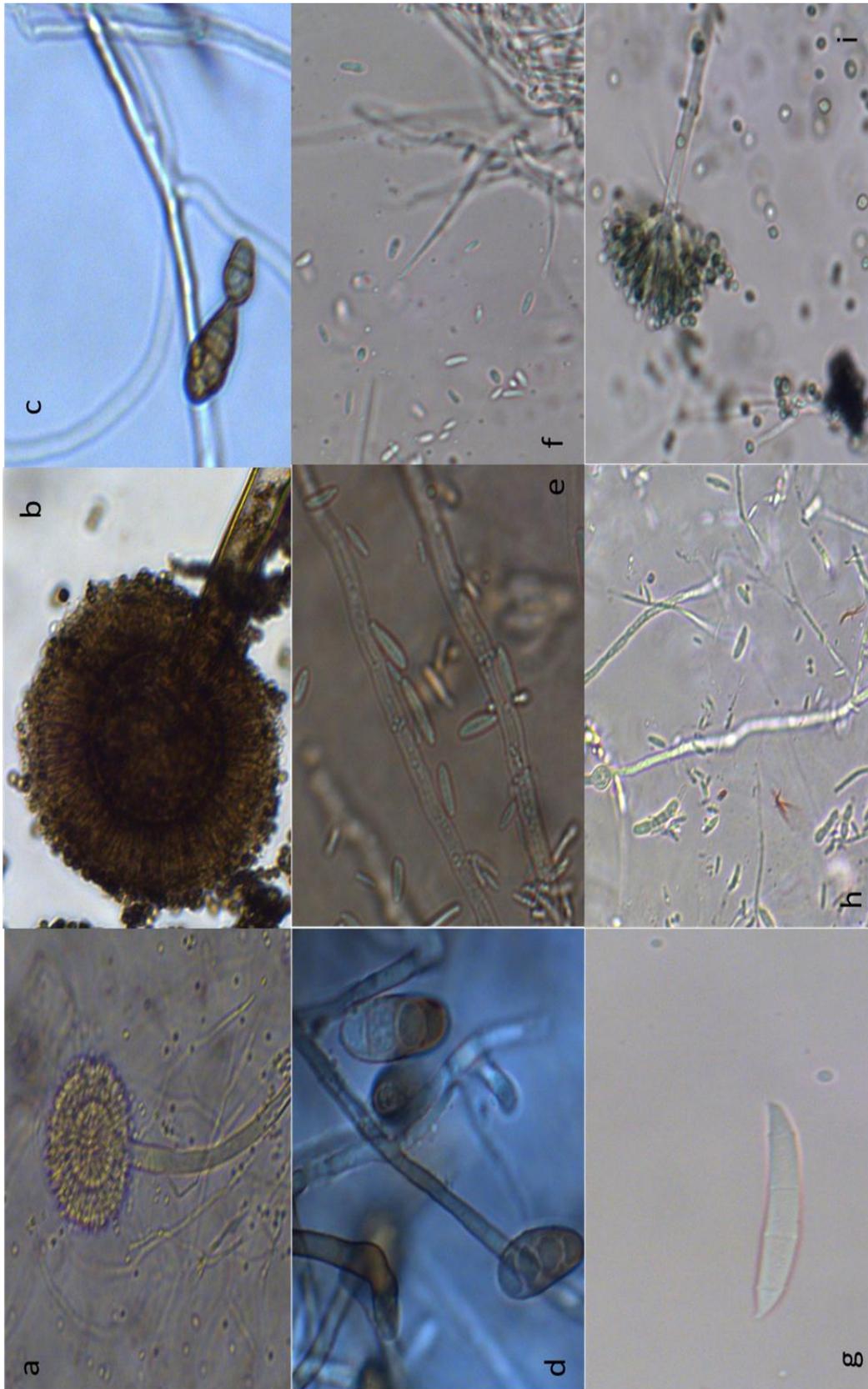


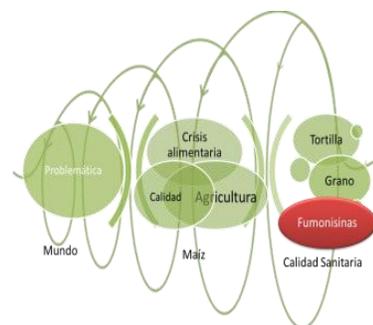
Figura 3.12. Ilustración de las especies de hongos identificadas en los granos de maíz del mundo real: a. *A. candidus* b. *A. niger* c. *Alternaria* d. *B. specifera* e. *F. moniliforme* f. *F. dimerium* g. *F. graminearum* h. *F. proliferatum* i. *Penicillium* (Elaboración propia, 2012)

De esta evaluación se obtuvo que el grano de maíz de 30 molinos de la zona norte de la Delegación GAM se encuentran contaminados en mayor porcentaje por el género *Fusarium spp.* con mayor frecuencia en las especies de *F. moniliforme* y *F. graminearum*, que de acuerdo a la literatura científica los reportan como productores de fumonisinas que son tóxicas y podrían ser perjudiciales para la salud humana ya que podrían presentar actividad carcinógena (Gallardo *et al.*, 2006). De esta manera se plantea la siguiente pregunta de investigación.

Pregunta de investigación: Las muestras de grano empleado para elaborar tortilla y recolectado de 13 lugares de la zona producirán fumonisinas?

3.1.1.1.3 Evaluación de fumonisinas en grano de maíz recolectados en 13 molinos de la zona de Cuatepec (Delegación GAM)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la fase anterior donde las especies de *Fusarium* fueron predominantes y existe información científica que las relacionan con la producción de fumonisinas, que contaminan al maíz, que alteran el metabolismo del folato, y que se asocian con



defectos del tubo neural y están catalogadas por la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) como posibles carcinógenos humanos. En esta actividad se presentan las evidencias de la existencia de fumonisinas en trece muestras de granos maíz tomadas al azar del estudio de campo realizado en la delegación GAM.

3.1.1.1.3.1 Introducción

Las fumonisinas son una familia de micotoxinas que contaminan al maíz y son producidas principalmente por los hongos *F. moniliforme* y *F. graminearum*, durante el cultivo y almacenamiento del grano. Estas micotoxinas fueron aisladas y descritas por primera vez en Sudáfrica en 1988 y de acuerdo a la (IARC), desde 1993 se encuentran catalogadas como posibles carcinógenos humanos (Marasas, 2001).

La producción de fumonisinas está influenciada por la variedad de semilla usada para el cultivo, por las diferentes formulaciones de fertilizantes, así como por las variaciones en las condiciones de almacenamiento y características ambientales como temperatura, humedad y precipitación (Ariño, 2009). Los métodos usados para el procesamiento del maíz también influyen en la concentración final de las fumonisinas. Por ejemplo, la nixtamalización que es necesaria para la obtención de la masa de maíz y que consiste en cocer los granos de maíz en una solución alcalina (CaOH_2), a una temperatura cercana al punto de ebullición, reduce la concentración de la fumonisinas principalmente la FB1 en aproximadamente 90% y la cantidad restante permanece en su forma hidrolizada (HFB1), la cual es menos potente in vitro que la FB1 (De La Campa, 2004). No obstante, cuando el proceso es incompleto y no se elimina adecuadamente el pericarpio, 31% de la FB1 permanece en forma original (Sherphard *et al.*, 1996).

En la masa de maíz las concentraciones de fumonisinas a nivel mundial varían desde $<100\mu\text{g}/\text{kg}$ en Estados Unidos hasta $> 1000\mu\text{g}/\text{kg}$ en algunos lugares de China y África ((Marasas, 2001). Considerando que el consumo per cápita de maíz en África se encuentra entre los más altos del mundo con 400 g/d.

3.1.1.1.3.2 Objetivo

Evaluar la presencia de fumonisinas en las muestras de granos de maíz de la GAM.

3.1.1.1.3.3 Hipótesis

Los granos de maíz seleccionados de la GAM tienen fumonisinas.

3.1.1.1.3.4 Materiales y métodos

3.1.1.1.3.4.1 Determinación de fumonisinas en forma natural

Para la determinación de fumonisinas se siguió el método Fumonitest recomendado por VICAM (1998) procedimiento descrito en Anexo K, se tomaron 13 muestras de maíz de

400 g del análisis del mundo real (GAM) (Figura 3.9) y se molieron en un vaso de licuadora de 1000 mL hasta lograr una muestra de maíz molido homogéneo, una vez molido el grano se pesaron 50 g de maíz y se colocaron en un vaso de licuadora de 500 mL adicionando 5g de cloruro de sodio (NaCl). Para la extracción de las fumonisinas se adicionaron 100 mL de una solución de extracción de metanol /agua destilada (80:20), y se mezclaron a alta velocidad por 1 min. Se filtró a través de papel filtro aflautado (VICAM, 24 cm) y se colectaron 25 mL de extracto. Se pasaron 5mL de extracto a un vaso de precipitado y se mezclaron con 10 mL de buffer (40 mL PBS/0.1% Tween-20 en 1L de agua esterilizada), se filtraron a través de filtros de microfibra (1.0 μ m, 9 cm) y se colectó el filtrado limpio. En la Figura 3.13 puede verse el método seguido para llevar a cabo la evaluación de las fumonisinas del mundo real en granos de maíz recolectados de la zona de Cuauhtepac, desde la molienda del grano, filtrado de la fumonisina, preparación del metanol, cromatografía de afinidad, extracción y dilución de las fumonisinas. La medición de la concentración de fumonisinas se realizó mediante un detector de fluorescencia (VARIAN modelo 9070). Cabe aclarar que se realizó previa planeación de la prueba, así como la planeación y la toma de decisión de la zona a evaluar y tortillerías a seleccionar como representativas de la zona.

3.1.1.1.3.4.2 Cromatografía de afinidad

Para la determinación de la cromatografía de afinidad (ver Anexo K) se pasaron 10 mL de la extracción diluida a través de una columna de afinidad FumoniTestTM, esta columna se añadió a la salida de una jeringa de 10 mL adherida a una bomba de extracción automática. Se inyectaron 10mL de PBS/0.1% Tween-20 y se pasaron a través de la columna, este procedimiento de lavado se realizó dos veces con 10 mL de buffer. Las fumonisinas se eluyeron de la columna con 1mL de metanol grado HPLC a través de la columna y se recogieron en un tubo de vidrio, se mezclaron con 1.0mL de Revelador A y Revelador B, se colocaron en un fluorómetro calibrado previamente marca VICAM V1 serie 4 durante 5 minutos para leer la concentración de fumonisinas totales (Vicam) (Figura 3.13).

3.1.1.1.3.4.3 Análisis estadístico

Para la comparación de medias se utilizó la prueba de DMS con una probabilidad de error del 5% usando el programa estadístico SAS (1998). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar usando dos repeticiones de 50g cada una.

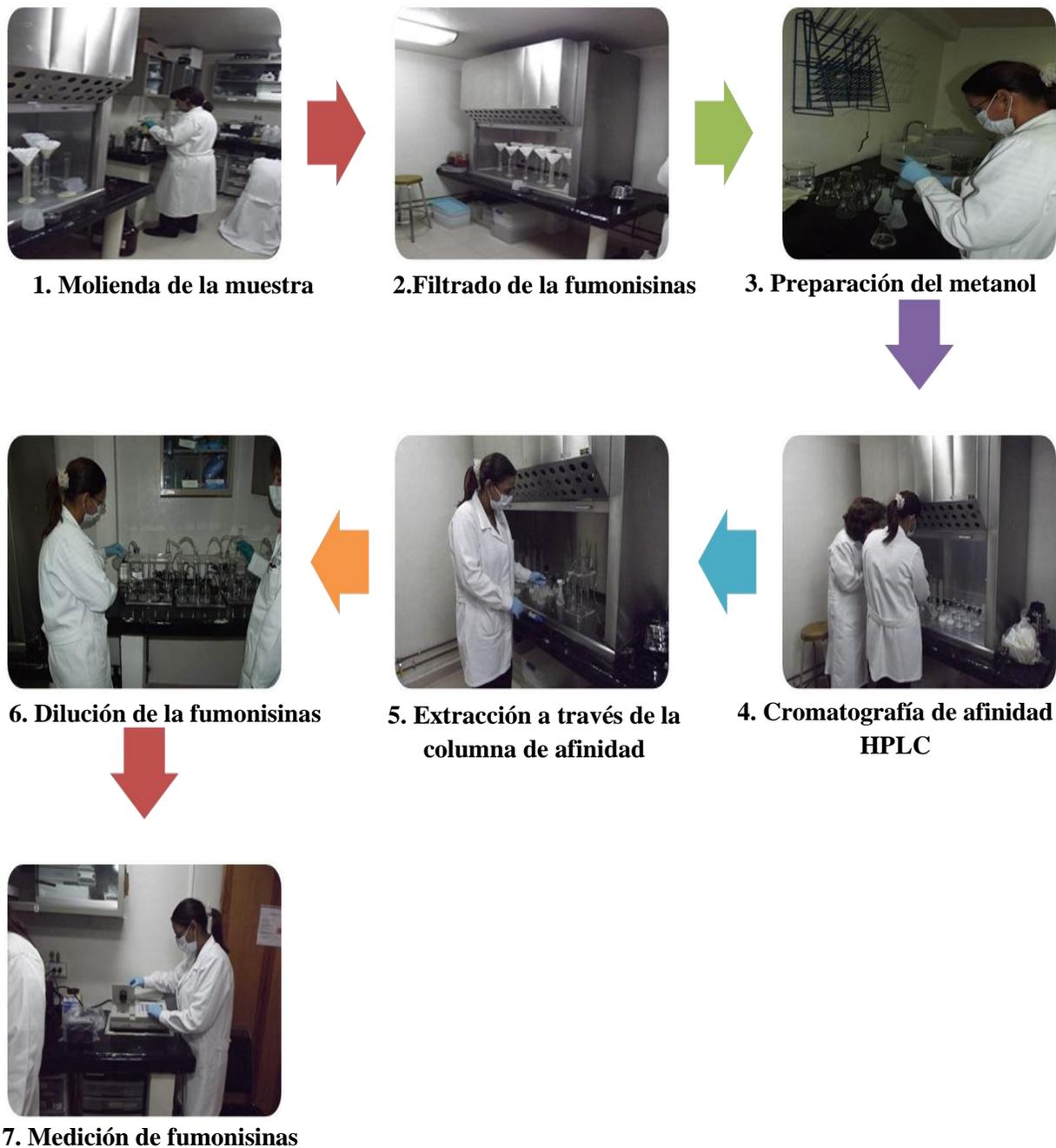


Figura 3.13. Método empleado para la determinación de fumonisin granos de maíz mundo real (Elaboración propia, 2012)

3.1.1.1.3.5 Resultados

Los resultados de la comparación de medias de la cantidad de fumonisinas obtenidas por el método de Fumonitest^{MT}, VICAM V1 serie 4, encontraron que todas las muestras contenían la presencia de fumonisinas (ver Tabla 3.4), donde la cantidad mínima de fumonisinas producida fue de 560 µg/kg de la muestra No. 12 del molino de la colonia Forestal 2 mientras que la máxima fue de 3100 µg/kg de una muestra recolectada en Cuauhtepic barrio bajo, producida en Toluca. En general todas las muestras evaluadas representan un promedio aproximado de 1,420µg/kg potencial tóxico para la salud humana y animal.

Tabla 3.4. Comparación de medias de la cantidad total de fumonisinas aisladas de granos de maíz (*Zea mays* L.) recolectados de la GAM, México (en forma natural) (Elaboración propia, 2012)

No. MUESTRA	PROCEDENCIA	COLONIA RECOLECTADA	FUMONISINAS (µg/kg)
1	Hidalgo	Cuauhtepic B. alto	775b
2	Hidalgo	Cuauhtepic B. alto	3,100a
4	Sinaloa	Cuauhtepic B. bajo	1,065b
5	Toluca	Cuauhtepic B. bajo	1,760ab
6	Toluca	Cuauhtepic B. bajo	1,490ab
8	Hidalgo	Cuauhtepic B. alto	1,320ab
12	Michoacán	Forestal 2	560b
14	Michoacán	Forestal 2	1,390ab
16	Sinaloa	Cuauhtepic B. alto	1,200b
18	Toluca	Cuauhtepic B. bajo	1,600ab
27	Hidalgo	Cuauhtepic B. Bajo	1,750ab
29	Bajío	Chalma	1,040b

Letras iguales en las columnas indican diferencias significativas mínimas (DMS, p≤0.05)

3.1.1.2 Diagnóstico de la situación actual del mundo real

Dada la evidencia que arrojan los resultados obtenidos de la investigación de campo realizada en una muestra de 48 tortillerías evaluados de la Delegación GAM, mediante tres actividades desarrolladas para el análisis de la situación actual del maíz utilizado como materia prima para la elaboración de tortillas en el mundo real se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.5. Diagnóstico de la situación actual del mundo real (Elaboración propia, 2012)

ACTIVIDAD MUNDO REAL	RESULTADOS
<i>Evaluación de hongos en tortillas en la GAM</i>	<ul style="list-style-type: none"> • De acuerdo a la muestra colectada de la zona GAM, resultado que todas las tortillas evaluadas bajo las mismas condiciones experimentales tuvieron distintos géneros de hongos, demostrado a través de la prueba de papel secante.
<i>Evaluación de calidad sanitaria en grano de maíz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Que los géneros de hongos que mayor presencia tienen en los granos de maíz evaluados fueron: <i>Fusarium spp.</i> (99.8%), <i>Penicillium spp.</i>(24.21%), <i>Aspergillus spp.</i> (6.57%), respectivamente. Con mayor frecuencia en las especies de <i>F.moniliforme</i> y <i>F. graminearum</i> que de acuerdo a la literatura científica reporta que <i>Fusarium moniliforme</i> y <i>F. graminearum</i> producen fumonisinas que son tóxicas y podrían ser perjudiciales para la salud humana ya que podrían presentar actividad carcinógena (Gallardo <i>et al.</i>, 2006).
<i>Evaluación de las fumonisinas en granos de maíz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Que las 12 muestras evaluadas presentaron la presencia de fumonisinas en promedio aproximado de 1,420µg/kg las cuales son potencial tóxico para la salud humana y animal.

Estos resultados proporcionan la evidencia contundente de la necesidad de desarrollar métodos que pudieran ser empleados para mejorar la calidad sanitaria del grano de maíz.

Por otro lado, se pudo observar que las instalaciones de tortillerías no cuentan con ningún método para conservar la calidad sanitaria del grano desde su adquisición hasta el despacho final de sus productos. El grano es almacenado en condiciones ambientales sin tener precaución de controlar la temperatura que es uno de los factores primordiales para el crecimiento del hongo, solo como control sanitario se tiene el proceso de nixtamalización, pero reportado por algunos autores no ser suficiente para eliminar los hongos, así como en los resultados encontrados en esta investigación. Además, se encontraron construcciones muy antiguas o maquinarias instaladas desde hace 20 años en las que no se consideraron principios de diseño sanitario.

Entre otro de los factores, se tiene que el grano utilizado para la alimentación humana no cumple con el máximo de fumonisinas permisible de $1,000\mu\text{g}/\text{kg}$ sugerido por el reglamento Comisión Europea (CE) No. 1126/2007 y tampoco se le hace ningún estudio al grano para conocer si las presentan. Por otro lado, los encargados de los molinos no se informan y actualizan sobre todas las alternativas de tratamiento y las normas vigentes, además de no contar con capacitación para identificar la presencia de hongos y la manera de poderlos controlar. En México aunque no existe una estadística que muestre las enfermedades o muertes causantes por el consumo de alimentos contaminados se sabe que la curva de enfermedades va en aumento según los lineamientos permisibles por la ingesta diaria tolerable de $2\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal para el total de las fumonisinas FDA/CFSAN (2001). De acuerdo a estos reportes, no es suficiente el proceso de Nixtamalización, ya que está comprobado mediante la comunidad científica que este proceso no elimina el total de microorganismos presentes en los granos de maíz, porque aún cuando no se observe la presencia de microorganismo esto no garantiza la ausencia de toxinas, por lo cual esto no basta (De La Campa, 2004). Por lo que en la comunidad científica es necesario generar nuevas alternativas, económicas y sostenibles que sean útiles para el control de hongos en molinos y tortillerías de maíz.

Con esta actividad se da conclusión al conocimiento de la problemática que se vive en el mundo real, y se sigue con la Fase II. El sujeto que investiga, que es parte fundamental de la metodología transdisciplinaria con que se desarrolla esta Tesis. Donde el sujeto se concibe con una visión del mundo y busca ubicar al sujeto en el centro de la reflexión, y desarrollar una concepción integradora del conocimiento. Para ello, se analizan las capacidades, actitudes y habilidades que tiene el sujeto que investiga para tener conocimiento desde una perspectiva de interconexión en el sentido de gustos, talento, conocimiento y habilidades para abordar la problemática. Lo anterior, teniendo siempre presente que el sujeto se convierte en objeto también de estudio cuando se realiza investigación transdisciplinaria.

3.2 Fase II. Investigación del Sujeto que investiga

Siguiendo la metodología sistémico transdisciplinario, que integra al sujeto como parte de la investigación (Figura 3.14). Se partió de crear conciencia de trabajo y autoconocimiento. Se trabajó continuamente en buscar la actitud transdisciplinaria y sus tres elementos fundamentales: rigor, apertura y tolerancia. Además de tener apertura a realizar trabajo en equipo con especialista de las distintas disciplinas como fueron: Física, Biología, Agronómica, Estadística y la Sistémica. En particular se desarrolló mucho trabajo en tolerancia y rigor transdisciplinario. El rigor, se manejó en todo el proceso de investigación resaltando la investigación experimental. Se siguió el método científico, cuidando la planeación del experimento, la obtención de los datos, el análisis de los mismos y la citación correcta de la información obtenida y consultada. Siempre con respecto a nuevas ideas y distinto niveles de pensamiento. La (Figura 3.15) refleja la evolución del sujeto en el proceso de investigación.

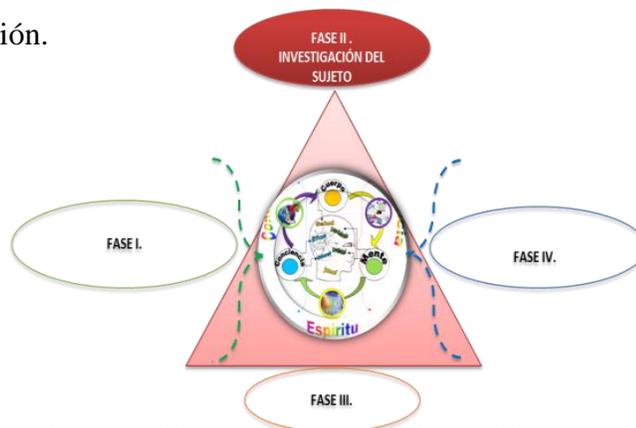


Figura 3.14. Fase II. Investigación del Sujeto que investiga (Elaboración propia, 2012)

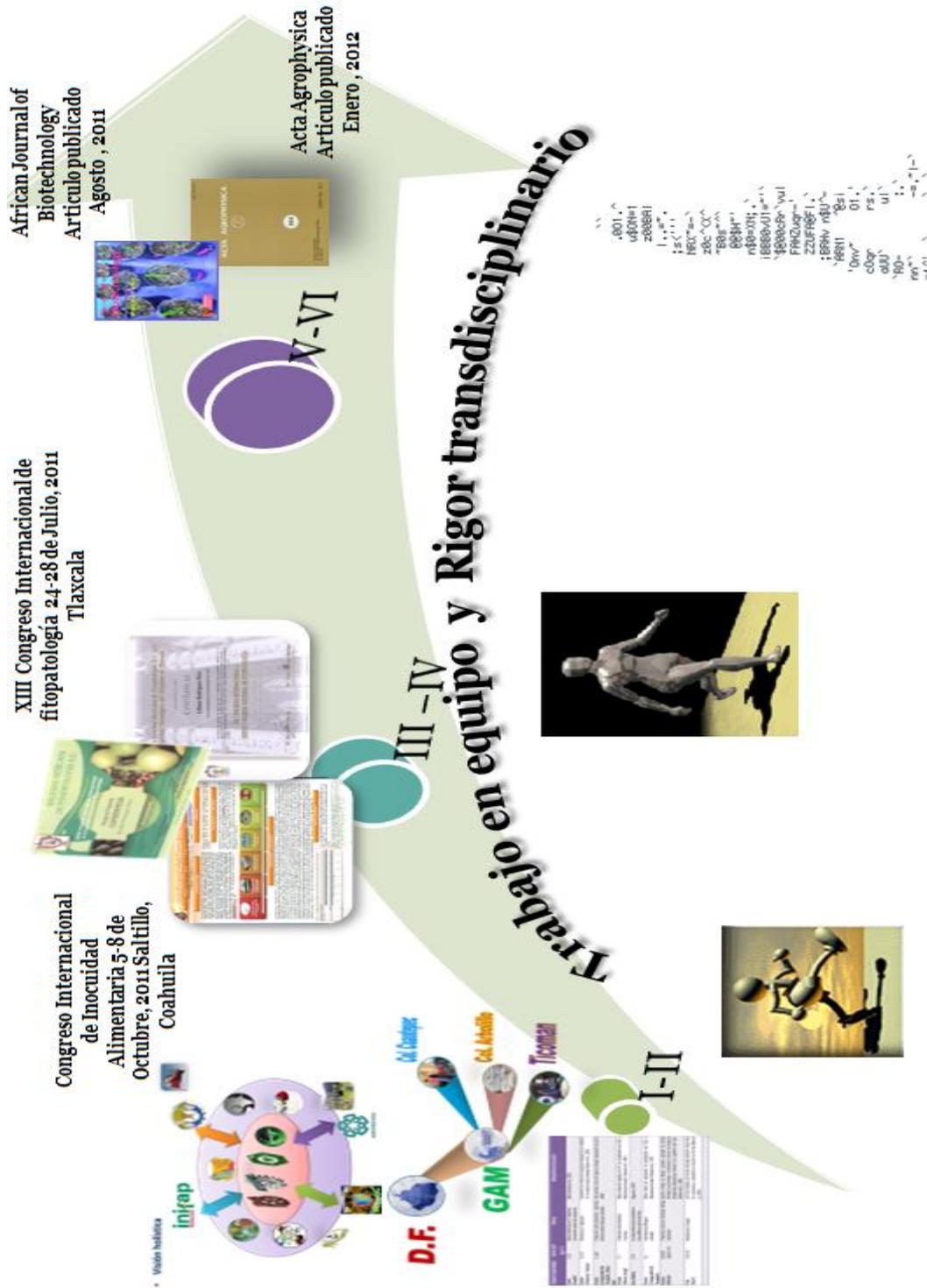


Figura 3.15. Evolución del sujeto que investiga en el proceso de investigación (Elaboración propia, 2011)

3.3 Fase III. Investigación Experimental

De acuerdo a la primera fase de la investigación, en donde se conoció la situación actual del mundo real en relación a la microbiota presente en el grano empleado para elaborar tortilla y en la tortilla misma. Se encontró evidencia de la problemática del mundo real (hongos en tortillas y granos de maíz y fumonisinas) y con el fin de proponer solución. En la presente fase (3.16) del proceso de investigación de acuerdo a lo establecido en la metodología transdisciplinaria planteada en el capítulo anterior, se planteó investigar el efecto de la UV-C sobre la microbiota que afecta a los granos de maíz desinfectado y no desinfectado.

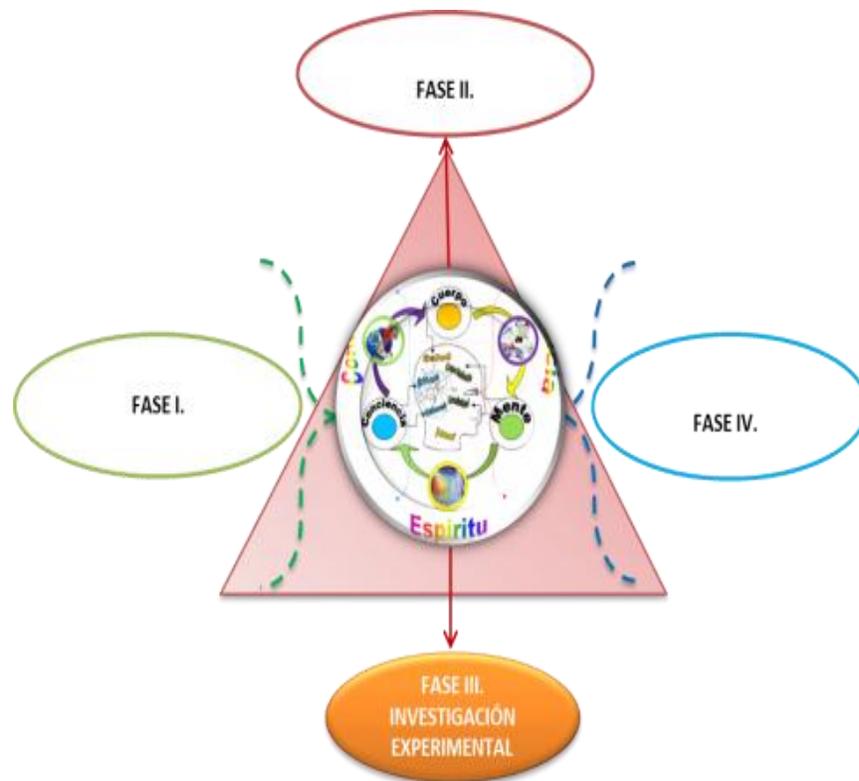


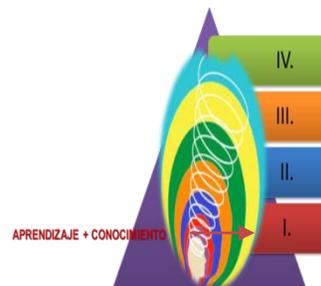
Figura 3.16. Fase III. Investigación Experimental (Elaboración propia, 2012)

Pregunta de investigación: ¿Qué efectos tiene la UV-C sobre la microbiota de granos de maíz desinfectados y no desinfectados?

3.3.1 Efecto de la luz ultravioleta UV-C, sobre la microbiota que afecta a los granos de maíz (*Zea mays* L.) híbrido San Juan desinfectado y no desinfectado

3.3.1.1 Introducción

Estudios en la última década han podido comprobar que la radiación ultravioleta (UV-C) tiene propiedades germicidas importantes (Shama *et al.*, 1999; Allende *et al.*, 2006). La radiación ultravioleta es un agente desinfectante físico y no químico. Es importante puntualizar que los métodos biofísicos de estimulación no cambian el curso de procesos fisiológicos controlados por el sistema genético, siempre y cuando se apliquen las dosis óptimas para las semillas, no se provocarán efectos genéticos (Vasilevski, 2003).



La radiación UV penetra la pared celular de los microorganismos y es absorbida por los materiales celulares, incluidos el ADN y ARN, lo cual puede impedir la reproducción o producir directamente la muerte a la célula (Gardner y Shama, 2000).

La luz UV, con algunas precauciones, es fácil de usar y letal para la mayoría de tipos de microorganismos (Bintsis *et al.*, 2000). La longitud de onda entre 220 y 300 nm se considera germicida contra microorganismos tales como bacterias, virus, protozoos, mohos y levaduras, yalgas (Sizer y Balasubramani, 1999). Está reportado que a la longitud de onda de 254 nm presenta su mayor efecto germicida (Bachmann, 1975). Otra ventaja de aplicar radiación UV-Ces que no deja radiactividad residual ionizante. Sin embargo, la luz UV-C no penetra profundamente. Por lo tanto, es frecuentemente utilizado para la esterilización de superficies (Bintsis *et al.*, 2000). Entre las diferentes aplicaciones de la luz UV-C se encuentran: desinfección del aire y agua (Bintsis *et al.*, 2000), como tratamiento de desinfección superficial (Sizer y Balasubramani, 1999). También con propósitos de desinfección de alimentos líquidos (Sastryet *al.*, 2000). Además de la desinfección de hospitales, laboratorios, empaques de alimentos, etc. (Shama *et al.*, 1999). Por otra parte ha sido ampliamente aplicada en la industria de frutas y vegetales frescos para reducir la carga microbiana (Steven *et al.*, 1997), conservación de la vida útil del producto (Rivera *et*

al., 2007). El control de hongos productores de micotoxinas es de gran importancia para la industria del maíz (Mazzani *et al.*, 2000). Hongos como *Fusarium spp.*, pueden producir toxinas como resultado de su metabolismo secundario, las que luego son excretadas al exterior contaminando los diversos substratos que colonizan. Seguidamente se producen micotoxinas, particularmente las fumonisinas que tienen efectos tóxicos cuando son consumidos por humanos y animales (Mazzani *et al.*, 2000). Por ello la necesidad de utilizar un método sustentable que pueda ser aplicado como tratamiento de control a los granos para mejorar su calidad sanitaria, podría ser de gran utilidad.

3.3.1.2 Objetivo

Evaluar el efecto de luz UV-C, sobre la micobiota de granos de maíz (*Zea mays* L.) desinfectados y no desinfectados del genotipo San Juan, ciclo agrícola primavera-verano 2009.

3.3.1.3 Hipótesis

La radiación ultravioleta UV-C a determinados tiempos y distancias de exposición puede afectar la micobiota asociada a los granos de maíz (*Zea mays* L.) desinfectados y no desinfectados.

3.3.1.4 Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en las siguientes instituciones: 1. La determinación de micobiota en La Unidad Experimental de Granos y Semillas, en Cuautitlán, Edo. de México, y la radiación de los granos en el Laboratorio de Experimental del programa de Posgrado en Ingeniería de Sistemas. Se utilizaron granos de maíz híbrido San Juan producido en el ciclo agrícola primavera-verano 2009, proporcionados por Investigadores de la Universidad Autónoma de Chapingo, cultivados en la localidad de San Miguel Bocanegra situado en el Municipio de Zumpango en el Estado de México (Figura 1.1). El grano se homogenizó por color y tamaño. El tamaño fue medido usando un calibrador

vernier de 8" de longitud y las medidas promedio de los granos fueron de (1.1, 0.5 y 1.2 cm) de longitud, espesor y ancho, respectivamente (ver Anexo B).

3.3.1.4.1 Tratamiento a los granos de maíz

El tratamiento de los granos se dio usando dos lámparas modelo 4136 G36T6 luz germicida con potencia de 15W y 254 nm de longitud de onda, con dos distancias $A_1= 5.5$ cm y $A_2=14.5$ cm, y tres tiempos de exposición (t) de 0, 10,20 y 30 min que fueron aplicados como tratamientos a los granos. El arreglo factorial manejado fue de dos distancias y tres tiempos de exposición más el control (sin radiación) se describe en la Tabla 3.6. Usando un montaje experimental presentado en la Figura 3.17.

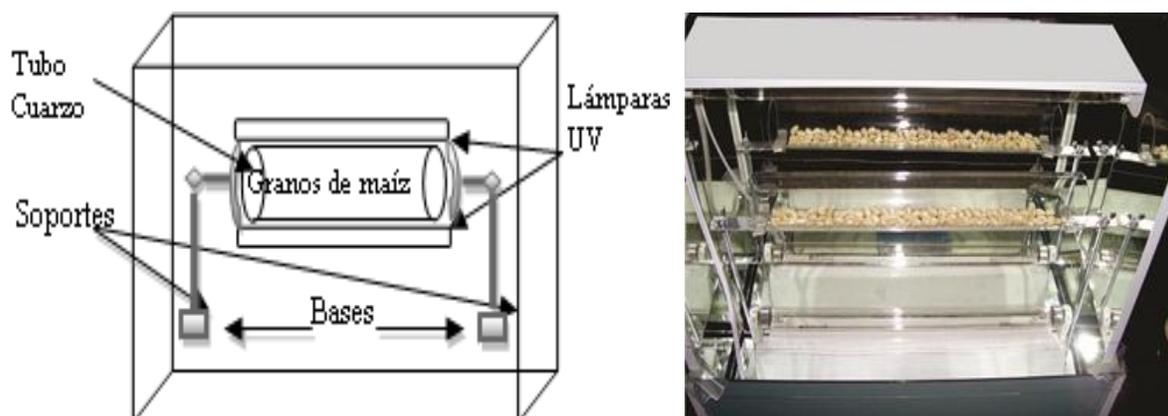


Figura 3.17. Montaje experimental para la radiación con luz UV-C de los granos (Elaboración propia, 2011)

Tabla 3.6. Distancias y tiempos de irradiación de la luz UV-C aplicados a los granos de maíz (Elaboración propia, 2011)

DISTANCIAS DE RADIACIÓN EN (CM)		TIEMPO DE RADIACIÓN EN MINUTOS			
Granos Desinfectados		0*	10	20	30
$A_1= 5.5$			T ₁	T ₂	T ₃
		*Control			
$A_2=14.5$			T ₄	T ₅	T ₆
Granos Sin desinfectar					
$A_1= 5.5$			T ₇	T ₈	T ₉
		*Control			
$A_2= 14.5$			T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂

Donde: 0*=tratamiento control; T₁, T₄, T₇, T₁₀= tratamientos de 10 min; T₂, T₅, T₈, T₁₁ = tratamientos de 20 min; T₃, T₆, T₉, T₁₂= tratamientos de 30min; A_1 = distancia de 5.5 y A_2 = distancia de 14.5 cm.

3.3.1.4.2 Determinación de micobiota

Se utilizó, la prueba de placa de agar papa dextrosa agar (PDA) y agar extracto de malta Sal (MSA) (Moreno, 1998; ISTA, 1983). Los granos 6 tratamientos más 2 controles fueron sembrados el día 16 de Abril del 2010. Antes de sembrarse se dividió la cantidad de granos de cada tratamiento y la del control a la mitad, para establecer los experimentos con una mitad de los granos desinfectados y la otra mitad sin desinfectar. Para llevar a cabo la desinfección superficial, los granos fueron colocados en una solución comercial de hipoclorito de sodio al 3% y posteriormente secados con toallas de papel sanitas esterilizadas (Figura 3.18).

Para la siembra de los granos, se separo en 50 granos en medio de cultivo PDA y 50 granos en medio de cultivo MSA. Colocando 10 granos de manera uniformemente en cajas Petri; una vez colocados los granos de las cajas, éstas se taparon (Figura 3.18).

La incubación de los granos se realizó por 6 días a temperatura de 25°C. Después de este periodo las cajas se sacaron de la incubadora y se refrigeraron a temperatura de 8°C para posteriormente realizar el conteo y la identificación de los hongos a nivel de género y/o especie siguiendo el manual para la identificación de hongos (Moreno, 1988). Todo el proceso para la determinación de micobiota puede observarse en la (Figura 3.18). iniciando con la caracterización del material, seguido el tratamiento ultravioleta a los granos, desinfección del grano pasando por la siembra y determinación de micobiota.

1. Desinfección del grano
 Bajo condiciones constantes
 (Hipoclorito de sodio 3% por 1 min)



2. Siembra de granos en medio PDA



3. Prueba placa agar PDA
 (Moreno, 1988; ISTA, 1993)



4. Después de 5 días de Incubación a 25 °C



5. Identificación de los géneros de hongos
 (Booth 1971 y Nelson *et al.*, 1983)



6. Genero identificado



Figura 3.18. Método para la determinación de la Micobiota en placa (PDA y MSA) (Elaboración propia, 2011)

3.3.1.4.3 Diseño experimental

El diseño experimental que se llevó a cabo fue de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones de 50 granos para cada tratamiento. Para un total de muestra de 5,600 granos.

3.3.1.5 Resultados

Los resultados obtenidos del análisis de varianza a los seis días de establecida la prueba se muestran en las Tablas 3.7.

Tabla 3.7. Análisis de varianza de *Fusarium spp.*, *F. moniliforme*, *F. dimerium* y *Penicillium spp.* en grano desinfectado–PDA (Elaboración propia, 2011)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fo
<u>Fusarium spp.</u>				
Tratamiento	6	330.198101	55.0330168	10.7062583
Bloques	3	39.2015353		
Error	18	92.5247905	5.14026614	
Total	27	461.924427		
<u>Fusarium moniliforme</u>				
Tratamiento	6	232.398321	38.7330534	5.267532462
Bloques	3	14.0850565		
Error	18	132.357032	7.35316844	
Total	27	378.840409		
<u>Fusarium dimerium</u>				
Tratamiento	6	74.645574	12.440929	0.83861197
Bloques	3	54.7937		
Error	18	14.8351435	14.8351435	
Total	27	396.471858		
<u>Penicillium spp.</u>				
Tratamiento	6	28.1400848	4.69001413	0.47368421
Bloques	3	18.7600565		
Error	18	178.220537	9.90114093	
Total	27	225.120678		

Donde G.L.= Grados de libertad; S.C=Suma cuadrada de tratamiento; C.M.= Cuadrado medio de tratamiento; Fo=F calculada para hacer la prueba de hipótesis.

El análisis de varianza de las variables *Fusarium spp*, *F. moniliforme* y *F. dimerium* no se encontraron diferencias entre los tratamientos con respecto al tratamiento control (grano sin desinfectar).

Este análisis de varianza para el género *Penicillium spp*. Demuestra que se acepta la hipótesis nula planteada para $P \leq 0.01$, que si al menos un tratamiento es diferente.

Aprendizaje: se aprendió a realizar el diseño experimental, tener cuidado en la siembra de muestra en las cajas Petri, utilizar microscopio y claves taxonómicas y a establecer tiempos de radiación, así como interactuar con disciplinas distintas.

Conocimiento: El tiempo y potencia de radiación influye en el porcentaje de acción germicida sobre la muestra, que los hongos se desarrollan mejor dependiendo del medio de cultivo donde se siembren.

Con estos resultados, se da paso a una segunda actividad experimental y un segundo nivel de evolución. Planteando siguiente pregunta de investigación.

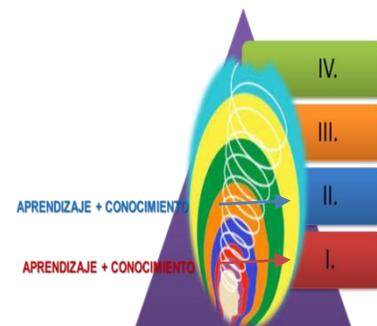
Pregunta de investigación: ¿Qué efecto tiene la radiación UV-C sobre la microbiota natural del grano de maíz del híbrido San Juan y H-159?

3.3.2 Efectos de tratamientos ultravioleta UV-C sobre la microbiota en granos de maíz (*Zea mays* L.) híbridos San Juan y H-159

3.3.2.1 Introducción

El cambio climático que se vive en México y el mundo, debido al deterioro ambiental, ha incidido en la productividad de cultivos importantes (IPCC, 2007). Entre

las afectaciones que producen déficit están los factores bióticos y abióticos que repercuten en la calidad del grano a nivel mundial (Pingali y Pandey, 2001). Identificados como factores bióticos están los virus, bacterias y hongos; entre los factores abióticos están



sequía, altas temperaturas, salinidad, etc. (Olakojo y Akinlosotu, 2004; Oerke, 2005; Neethirajan *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2007). Sumado a esto están los factores involucrados en el almacenamiento del grano (Chirstensen y López, 1996; Fandohan *et al.*, 2003; INTA, 2006). En grano almacenado un factor clave para el crecimiento de hongo es la humedad (Méndez *et al.*, 2005), ocupando este el segundo lugar después de insectos en el deterioro y pérdida de maíz (Ominski *et al.*, 1994). En este contexto se han utilizado diversas estrategias de control de hongos en la agricultura, por ejemplo; rotación de cultivos, evitar el despliegue e infestación de tierra y patógenos que se encuentran en las plantas, reproducción de hongos resistentes a cultivos de maíz, y la aplicación de agroquímicos (Cornelissen y Melchers, 1993). Los agroquímicos al principio resultaron benéficos (FIS, 1999), pero con el empleo excesivo causaron daños irreversibles al suelo, ambiente y por consiguiente a la salud humana y animal (Vasilevski, 2003) (Figura 3.19).

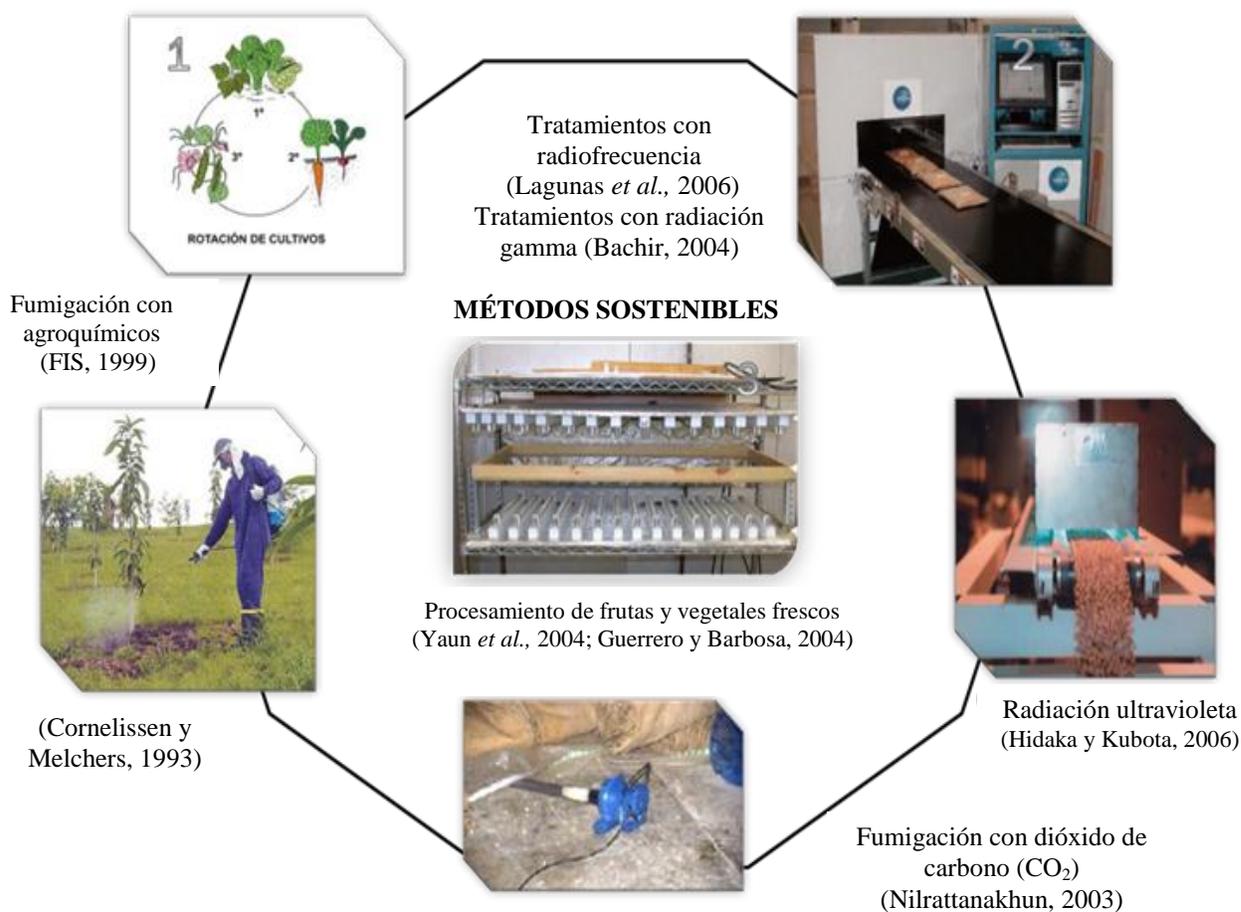


Figura 3.19. Métodos sostenibles utilizados en la agricultura para el control sanitario (Elaboración propia, 2011)

Si bien existen detergentes tradicionales conocidos por ser parcialmente efectivos en la eliminación de hongos (Bennik *et al.*, 1995; Rutala y Weber 1997; Beuchat *et al.*, 1998), sin embargo, cada tipo de desinfectante varía tanto en eficiencia y en la concentración máxima admisible. Otros métodos sostenibles aplicados en la actualidad son los tratamientos con luz ultravioleta. La luz ultravioleta (UV-C) en una longitud de onda de 200 – 280 nm la luz UV se ha empleado como germicida en el procesamiento de frutas y vegetales frescos para reducir la carga microbiana (Allende *et al.*, 2003; Yaun *et al.*, 2004; Tran y Farid, 2004; Guerrero y Barbosa, 2004; Allende *et al.*, 2006). Además, la tecnología de radiación UV-C es ampliamente empleada en la industria alimentaria para la desinfección del aire, controlar contaminación en la superficie de plantas y materiales de empaquetamiento, almacenamiento poscosecha de frutas y vegetales (Rivera *et al.*, 2007; Begum *et al.*, 2009). Se han encontrado reportes en la literatura científica que indican la aplicación de la UV-C como tratamiento germicida en fresas, melocotón, mandarina y en tomate (Stevens *et al.*, 1997; Baka *et al.*, 1999). En la superficie de granos de trigo se ha empleado para inactivar *Aspergillus* y *Penicillium spp.* mediante la aplicación de una dosis de 97 UVCJ/m² para 5.6h (Hidaka y Kubota, 2006). De acuerdo con lo anterior, es necesario llevar a cabo más estudios para comprobar su posible efectividad en un rango más amplio de valores de radiación ultravioleta así como en distintas variedades de grano y/o semillas.

3.3.2.2 Objetivo

Evaluar el efecto de radiación UV-C a diferentes tiempos de exposición sobre la microbiota asociada naturalmente a granos de maíz híbridos San Juan y H-159.

3.3.2.3 Hipótesis

La radiación UV-C a 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos de exposición podrán reducir la cantidad de grano de maíz con microbiota natural asociada.

3.3.2.4 Materiales y Métodos

Se utilizaron granos de maíz híbridos San Juan y H-159, proporcionados por investigadores de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), respectivamente; y cultivados en San Miguel Bocanegra, municipio de Zumpango, Estado de México en el ciclo agrícola primavera-verano 2009. (19°29' N, 98° 53' 0 y 2250 m de altitud), precipitación anual de 625 mm y temperatura media anual de 15.1 °C y cultivados en el municipio de Zumpango, localizado en la parte noreste del estado de México, (19° 43' 10'' y los 19° 54' 52'' de latitud norte y los 98° 58' 12'' y los 99° 11' 36'' de longitud oeste); clima templado más seco de los templados, con una temperatura media de 15°C, precipitación media anual de 400 mm (García, 1987).

Los granos fueron homogenizados por tamaño con base en su longitud, espesor y ancho mediante un vernier manual. Los granos seleccionados tenían 1.13, 0.57 y 0.92 cm para San Juan y 1.16, 0.47 y 0.89 cm para H-159. El contenido de humedad de los granos de maíz fue calculado de acuerdo a la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA, 1993) (ver Anexo H) y fueron 10.18 y 10.75 % para los híbridos San Juan y H-159, respectivamente.

3.3.2.4.1 Tratamiento de los granos con radiación ultravioleta

En el Laboratorio, se aplicó un método físico con radiación ultravioleta como tratamiento a los granos usando un prototipo irradiador compuesto por dos lámparas (4136 G36T6- 15W - 254 nm), separadas por una distancia de 11 cm, colocando en la parte central de las lámparas un tubo de cuarzo en el cual fue colocado el grano con el fin de que recibiera la radiación por ambos lados del grano y mediante un temporizador digital, con pantalla LCD (TEMP-08E marca Steren) se fijaron los tiempos de exposición: 5, 10, 15, 20, 25 y 30 min (ver Anexo A). Los granos se colocaron horizontalmente en forma homogénea (con el embrión hacia arriba) dentro del tubo de cuarzo.

3.3.2.4.2 Determinación de micobiota

La determinación y cuantificación de micobiota e identificación de las especies de *F. moniliforme*, *F. graminearum*, *F. oxysporum* y *F. dimerium* se realizó en el laboratorio de la Unidad Experimental en Granos y Semillas (UNIGRAS) con la utilización de claves taxonómicas especializadas Barnett y Humter (1998).

Para la determinación de micobiota se utilizó, la prueba de Placa Agar, previa desinfección de granos con Hipoclorito de sodio al 3% por 1 min. Posteriormente se sembraron en cajas Petri con medio de cultivo PDA, repartidas en 2 cajas Petri con 15 granos y otras 2 cajas con 10 granos cada una y se incubaron a 25 °C por 5 días en oscuridad (Moreno 1988; ISTA 1993). El proceso metodológico llevado a cabo puede ser observado en la Figura 3.14. Después de cinco días en incubación se cuantificó la presencia de hongos identificándolos a nivel de género siguiendo las claves taxonómicas de Barnett y Humter (1998).

Para la identificación de *Fusarium spp.* a nivel de especie, se sembraron las cepas de *Fusarium spp.*, aisladas en cajas Petri con infusión de (PDA) y se incubaron a fotoperiodo de 12 horas luz (combinación de luz blanca fluorescente fría y luz negra fluorescente) y se identificaron a nivel de especie siguiendo las claves de Both (1971) y Nelson *et al.*, (1983) basadas en criterios morfológicos por 12 horas de oscuridad durante siete días a 25 °C (ver Anexo F).

3.3.2.4.3 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con ocho y cuatro repeticiones para el híbrido San Juan y H-159, respectivamente la unidad experimental constó de 50 granos. El análisis de varianza y la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS) se realizaron con el programa (SAS, 1999).

3.3.2.5 Resultados

En la Tabla 3.8, se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA), (los resultados del SAS se muestran en el Anexo D), de la incidencia de hongos en los granos de maíz estudiados en este trabajo de investigación, considerando siete tratamientos más el control (granos sin radiación). La micobiota encontrada, en condiciones sin radiación, para el híbrido San Juan fue de: 36.75, 0.5, 0.5 y 0.25 % correspondiendo a los géneros *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.*, y *Aspergillus spp.*, respectivamente. El género *Fusarium spp.* mostró mayor incidencia en el grano identificándose cuatro especies: *F. moniliforme* (23.5%), *F. dimerium* (8.25%), *F. graminearum* (4.0%) y *F. oxysporum* (1.0%). Para el caso del híbrido H-159, se encontraron los géneros *Fusarium spp.* (24.5%) y *Penicillium spp.* (3.5%). Las especies identificadas de *Fusarium spp.* fueron: *F. moniliforme* (13.5%), *F. dimerium* (8.5%) y *F. graminearum* (6.36%). Como puede observarse el género de mayor incidencia en ambos híbridos de maíz fue *Fusarium*.

En la Tabla 3.9 se muestra la comparación de medias de las variables obtenidas en la prueba de micobiota respecto al efecto de la luz ultravioleta entre tratamientos.

Tabla 3.8. Análisis de varianza en la incidencia de hongos en (géneros y especies) de los granos de maíz híbridos San Juan y H-159 cultivados en Zumpango, Edo de México (Elaboración propia, 2011)

F.V.	G.L.	PFT	PFM	PFO	PFG	PFD	PP	PAF	PM	PC	PA	PRZ	PFT
Híbrido San Juan													
Tratamientos	6	141.6**	88.5**	32.1ns	14.7ns	88.1*	25.6ns	1.1ns	1.1ns	1.1ns	2.0ns	-	149**
Repeticiones	7	81.95	195.47	149.19	149.48	73.99	38	1.1	1.1	1.1	36.14	-	75.06
Error	42	7.29	6.26	16.94	18.97	22.46	16.38	1.18	1.18	1.18	7.96	-	8.56
Media													
R ²		0.81	0.87	0.63	0.58	0.52	0.37	0.23	0.23	0.23	0.44	-	0.79
CV		9.52	11.30	98.76	56.33	41.72	152.71	748.3	748.3	748.33	186.5	-	9.73
Híbrido H-159													
Tratamientos	6	41.34*	17.2ns	-	31.2ns	49.3ns	13.3ns	-	-	-	3.93ns	2.3ns	34.26*
Repeticiones	3	37.82	9.47	-	10.15	60.45	8.26	-	-	-	3.14	2.36	13.26
Error	18	14.59	20.66	-	33.41	25.88	16.63	-	-	-	4.98	2.36	12.39
MEDIA													
R ²		0.57	0.26	-	0.26	0.5	0.25	-	-	-	0.26	0.33	0.52
CV		15	24.86	-	126.3	35.15	35.25	-	-	-	384.4	529.1	12.20

Donde: F.V = fuente de variación; G.L = grados de libertad, CV = coeficiente de variación; R² = coeficiente de determinación; PFT = porcentaje *Fusarium spp.*; PFM = Porcentaje *F. moniliforme*; FOP = Porcentaje *F. oxysporum*; PFG = Porcentaje *F. graminearum*; PFD = porcentaje *F. dimerium*; PP = *Penicillium spp.*; PM = Porcentaje *Mucor spp.*, FAP = Porcentaje *Aspergillus flavus*; PC = Porcentaje *Cladosporium spp.*, PA= Porcentaje *Alternaria spp.*; PRZ = Porcentaje *Rizhopus spp.*, PTF = Porcentaje totales, **: altamente significativa (p≤0.001), *: significativo (p ≤ 0.05), ns = no significativo.

Tabla 3.9. Comparación de las medias (DMS) de las variables obtenidas de la prueba de Micobiota de granos de maíz de los híbridos San Juan y H-159, cultivados en Zumpango, Edo de México (Elaboración propia, 2011).

Tratamientos	T.E (min)	PFT	PFM	PFO	PFG	PFD	PP	PAF	PM	PC	PA	PRIZ	PTH
Híbrido San Juan													
100	0	36.75a	23.5a	1.0b	4.0a	8.25a	0.5b	0.25a	0.0a	0.0a	0.5a	-	38.0a
1	5	27.5b	16.0b	3.5a	2.5a	5.5bc	1.0ab	0.0a	0.0a	0.0a	0.5a	-	29.0b
2	10	24.25bc	15.75b	2.75ab	2.25a	3.5bc	2.5a	0.0a	0.0a	0.0a	0.5a	-	27.25bc
3	15	21.12cde	14.5bc	0.75b	2.25a	3.625bc	0.87b	0.0a	0.25a	0.25a	0.25a	-	22.75de
4	20	23.25cd	12.375cd	1.125b	3.75a	6.0ab	0.25b	0.0a	0.0a	0.0a	0.25a	-	23.75cd
5	25	19.5de	12.125cd	0.75b	2.5a	4.125bc	0.125b	0.0a	0.0a	0.0a	0.25a	-	19.87de
6	30	17.62e	10.875d	1.0b	2.5a	3.25c	0.375b	0.0a	0.0a	0.0a	0.5a	-	18.5e
DMS		4.1398	3.317	2.2964	2.0487	2.6663	1.603	0.2697	0.2697	0.2697	0.7673		4.444
Híbrido H-159													
0	0	24.5a	13.5a	-	2.5a	8.5ab	3.5a	-	-	-	0.0a	0.0a	28.0a
1	5	16.0bcd	10.5a	-	0.0a	5.5b	3.5a	-	-	-	0.0a	0.0a	19.5b
2	10	14.0d	9.0a	-	1.5a	3.5b	4.5a	-	-	-	0.0a	0.5a	19.0b
3	15	22.5ab	13.0a	-	1.5a	8.0ab	6.5a	-	-	-	0.0a	0.0a	29.0a
4	20	19.5abcd	8.5a	-	3.5a	7.5ab	3.5a	-	-	-	0.5a	0.0a	23.5ab
5	25	14.5cd	9.0a	-	1.0a	4.5b	5.5a	-	-	-	0.0a	0.0a	20.0b
6	30	21.5abc	8.5a	-	0.5a	12.5a	4.0a	-	-	-	0.5a	0.0a	26.0ab
DMS		7.3138	6.5481		3.8403	6.2047	3.7292				0.8158	0.5615	7.3995

Donde: PFT=Porcentaje *Fusarium spp*; PFM=Porcentaje *F. moniliforme*; PFO=Porcentaje *F. oxysporum*; PFG=Porcentaje *F. graminearum*; PFD=Porcentaje *F. dimerium*; P=Penicillium spp.; PM=Porcentaje *Mucor spp.*; PAF=Porcentaje *Aspergillus flavus*; PC=Porcentaje *Cladosporium spp.*; PA=Porcentaje *Alternaria spp.*; PRIZ=Porcentaje *Rizhopus spp.*; PTH=Porcentaje Total Hongos; DMS= Diferencia minima significativa (p<0.05).

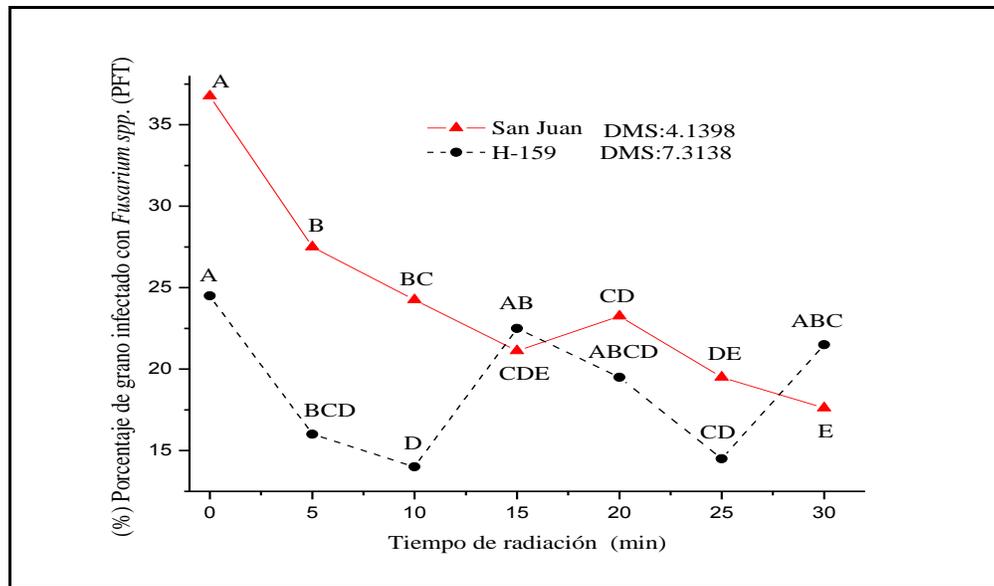
Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

De la Tabla 3.8 se desprende que el híbrido San Juan mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.001$) entre tratamientos para las variables PFT, PFM y PTF; en el caso de la variable PFD se obtuvieron diferencias mínimas significativas a la ($p \leq 0.05$). Para el grano de maíz del híbrido H-159 se encontraron diferencias mínimas significativas ($p \leq 0.05$) para las variables PFT y PTF.

Los efectos de la radiación ultravioleta para ambos híbridos de maíz (San Juan y H-159) en las variables PFT, PFM y PTF se presentan en las Figuras 3.20, 3.21 y 3.22, respectivamente. En estas gráficas se observa una tendencia de comportamiento similar de las curvas resultantes de incidencia del porcentaje de granos que contiene hongos asociados naturalmente.

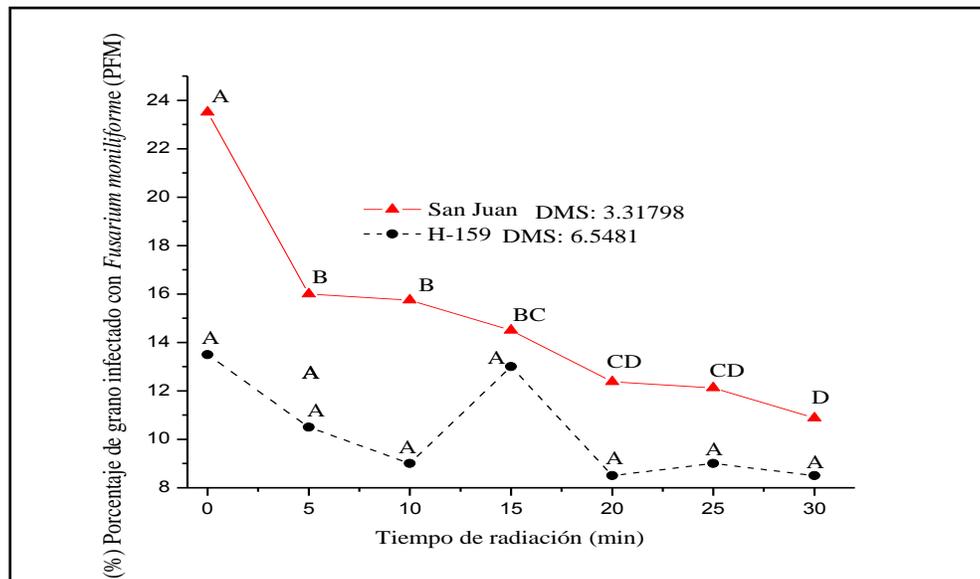
En la Figura 3.16, se muestra el porcentaje de granos de maíz híbridos San Juan y H-159 infectado con *Fusarium spp.* (PFT). Se observa que los tratamientos que presentaron el menor porcentaje de cantidad de granos infectados fueron a los tiempos de exposición durante 30 y 10 minutos con 52.05 y 42.86 % de reducción en la incidencia de PFT en híbridos San Juan y H-159, respectivamente en comparación al control.

En la Figura 3.17, se ilustra el comportamiento de *Fusarium moniliforme* (PFM), al comparar los híbridos San Juan y H-159 en combinación con los tiempos de radiación con respecto al control. Para el híbrido San Juan, se observa en 30 minutos la mayor reducción (53.74 %), mientras que para H-159 la mayor reducción fue en 10 minutos (61.75%).



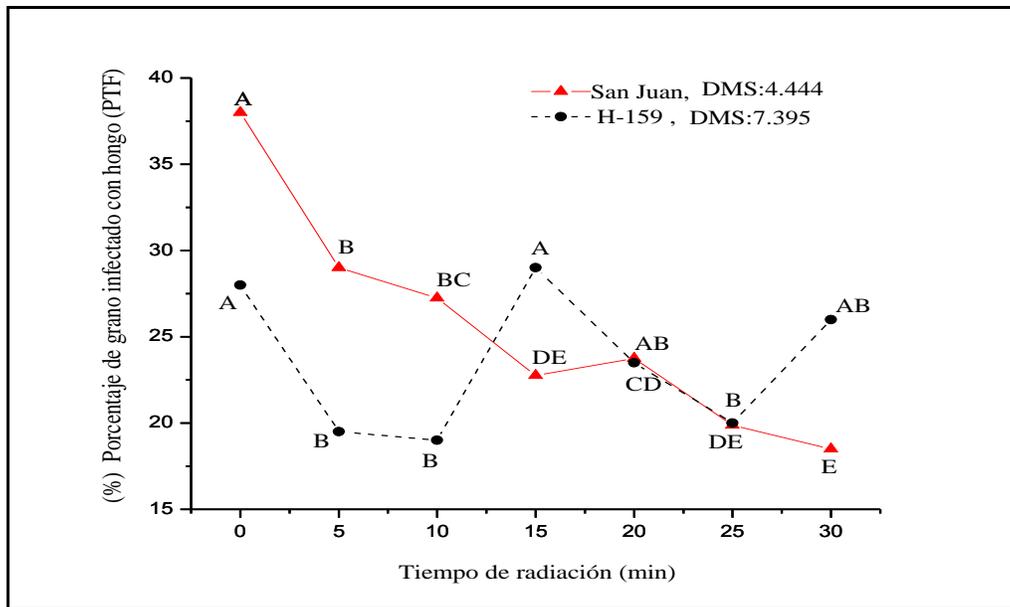
Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes, DMS= mínima diferencia significativa, 0= Control sin radiación.

Figura. 3.20. Efecto de la radiación UV-C en granos de maíz híbridos San Juan y H-159 a diferentes tiempos de exposición, sobre el porcentaje de granos infectados con *Fusarium spp.* (Elaboración propia, 2011)



Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes, DMS= mínima diferencia significativa, 0= Control sin radiación.

Figura. 3.21. Efecto de la radiación UV-C en granos de maíz híbridos San Juan y H-159 a diferentes tiempos de exposición, sobre el porcentaje de granos infectados con *Fusarium moniliforme* (Elaboración propia, 2011)



Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes; DMS= mínima diferencia significativa, 0= Control grano sin radiación.

Figura 3.22. Efecto de la radiación UV-C en granos de maíz híbridos San Juan y H-159 a diferentes tiempos de exposición, sobre el porcentaje de grano infectados con hongos. (Elaboración propia, 2011)

Aprendizaje: se aprendió a aplicar radiación UV-C, a realizar montaje del equipo, a identificar las especies de hongos presentes en maíz, al manejo de pruebas de micobiota y manejo de material y equipo de laboratorio.

Conocimiento: La radiación UV-C junto con el hipoclorito de sodio puede ser una técnica empleada para reducir la micobiota presente en grano de maíz, previo tratamiento con UV-C modifica el porcentaje de grano infectado con hongo *Fusarium spp.* y *F. moniliforme*.

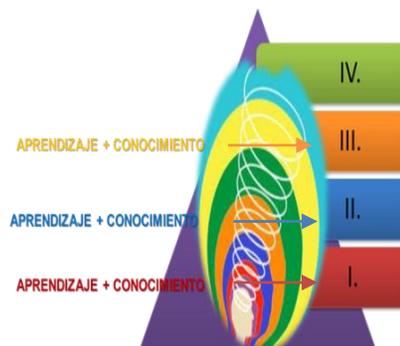
Estos resultados dan paso a un tercer nivel evolutivo, para probar la radiación UV-C en grano ya inoculado. Con la siguiente pregunta de investigación.

Preguntas de investigación: ¿Qué pasa al grano de maíz inoculado con *A. flavus* si aplicamos radiación UV-C?

3.3.3 Tratamiento ultravioleta del grano de maíz híbrido comercial Leopard sobre el desarrollo de *A. flavus* en maíz inoculado

3.3.3.1 Introducción

Estudios científicos han demostrado la capacidad germicida y de esterilización que tiene la tecnología ultravioleta en microorganismos vegetativos y productos alimenticios (Lamikanra *et al.*, 2005), entre otros. En granos como el maíz se ha reportado su efectiva reducción en hongos como el *Fusarium spp.* (Rodríguez *et al.*, 2011). Sin embargo, la eficacia de la radiación depende del tipo de organismo, de la dosis, del tiempo de exposición y la capacidad de absorción de la muestra (Bintsis *et al.*, 2000).



Por otra parte, es efectiva únicamente cuando se lleva a cabo un control estricto de las prácticas de seguridad e higiene. Esta disminución en la cuenta microbiana puede ser resultado de la acción directa de la UV-C sobre algunas bacterias y, además, puede generar una respuesta anti estrés en la superficie de sandía fresca cortada (Fonseca y Rushing, 2006). El mecanismo de inactivación se ha atribuido a la transformación fotoquímica de bases pirimidinas en el ADN de las bacterias, hongos y otros microorganismos para formar dímeros, así destruyendo su capacidad de multiplicarse y causar enfermedades (Sharma y Demirci, 2003). Por ejemplo López y Palou (2005) requirieron dosis de 450-500J/m² para inactivar esporas contaminantes en alimentos. En tomates se redujeron eficazmente *Rhizopus stolonifer*, *Alternaria alternata*, *B. cinerea* mediante tratamiento UVC en 1.3 a 40 KJ/m² (Liu *et al.*, 1993). Hidaka y Kubota (2006) encontró que un 90% de inactivación de las especies de *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.*, en la superficie de grano de trigo se logró mediante la aplicación de una dosis de 97 UVC J/m² para 5.6 h.

En el maíz, la contaminación del grano con las esporas de hongos siempre ha sido una cuestión problemática, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.* y *Aspergillus spp.*, son géneros con especie potencialmente peligrosos, por producir micotoxinas sobre el grano provocando

diversos daños en el humano y animales, además de causar deterioro al grano (García y Martínez, 2010).

3.3.3.2 Objetivo

Evaluar el efecto de la radiación ultravioleta UV-C sobre la incidencia del grano de maíz inoculado con *A. flavus*.

3.3.3.3 Hipótesis

Los granos de maíz expuestos a dos potencias de radiación con un arreglo de cuatro y ocho lámparas de UV-C de 15W afectara la presencia de *A. flavus*.

3.3.3.4 Materiales y métodos

Los granos de maíz del híbrido Leopardo fueron del ciclo productivo 2009, procedentes de la empresa Asgrow, y obtenidos por el Colegio de Posgraduados gracias a la vinculación de especialistas en el área agrícola siguiendo la visión transdisciplinaria.

El grano de maíz fue separado en grano limpio y grano dañado mediante la observación visual, posteriormente fue homogenizado por tamaño utilizando una zaranda de aluminio con orificios circulares planos, el tamaño promedio del grano fue de 1.3 x 0.6 cm de longitud y diámetro. De la muestras inicial, se obtuvieron submuestra aleatorias de aproximadamente de unos 200 gramos, se trasladaron al laboratorio en sobres para realizar la inoculación del grano con la especie *Aspergillus flavus*. El contenido de humedad del grano fue de 12.2% obtenido con un medidor de humedad model 919 ES MOTOMCO, INS (Figura 3.23).

3.3.3.4.1 Preparación del inóculo

Se seleccionó la cepa de *Aspergillus flavus*. La cepa se sembró en cajas Petri con Agar Extracto de Malta Sal (MSA) durante 8 días a 25°C. La cantidad de inóculo que se agregó para cada muestra fue de 30,000 conidios /ml. (Desjardins *et al.*, 1994) (Figura 3.23).

3.3.3.4.2 Tratamientos con radiación

Posterior a la inoculación, con el fin de eliminar la contaminación natural y superficial del grano, se procedió a irradiar los granos (Figura 3.23). Se realizaron ocho tratamientos, dos controles y cuatro repeticiones (tiempos de exposición a radiación de 2.5, 5, 7.5, y 10 minutos con dos potencias de 60 y 120 W (4 y 8 lámparas de 15W). Estos tratamientos se llevaron a cabo en el laboratorio experimental sistémico-transdisciplinario del Departamento de Sistemas de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y de Sistemas del Instituto Politécnico Nacional. Para esta radiación se contó con un arreglo factorial (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Arreglo para los tiempos y potencias de radiación (Elaboración propia, 2011)

POTENCIA DE RADIACIÓN (WATT)	TIEMPOS DE EXPOSICIÓN A RADIACIÓN (MIN)					
	t ₀ =0	t ₁ =2.5	t ₂ =5	t ₃ = 7.5	t ₄ =10	
P ₁	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	1,000 granos
P ₂	T ₉	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	1,000 granos

t₀ , t₉= Control (granos sin radiación; P₁: 60W; P₂: 120W; t₁=2.5 min t₂=5 min t₃= 7.5min t₄=10 min; T₅= t₁; T₆=t₂ P₂; T₇=t₃ P₂; T₈= t₄ P₂

3.3.3.4.3 Determinación de micobiota

Para la determinación de micobiota se utilizo la prueba plaga agar usando como medio de cultivo malta sal agar (MSA), para la identificación de micobiota se siguieron las claves taxonomicas especializadas (Moreno, 1998).

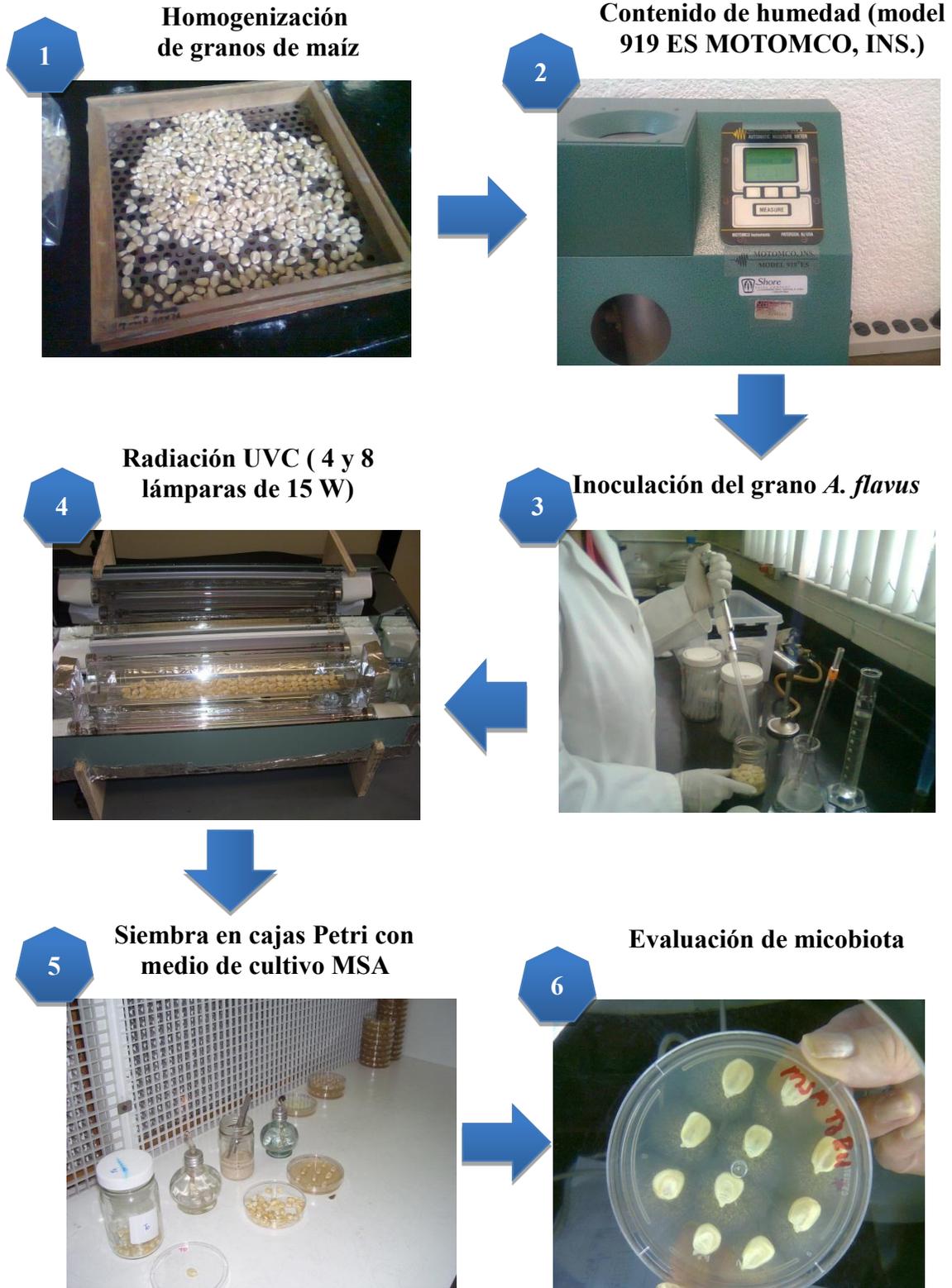


Figura 3.23. Método para la elaboración de la prueba maíz inoculado con *A. flavus* (Elaboración propia, 2011)

En la (Figura 3.23), se mostro el método desarrollado para el proceso de inoculación con *A. flavus* en granos de maíz, donde se distinguen los pasos de homogenización, determinación de humedad, inoculación del grano, tratamiento de radiación a los granos, montaje de la siembra y evaluación de la micoibota presente.

3.3.3.5 Resultados

La especie *A. flavus* presentó diferencia altamente significativa ($p \leq 0.001$) entre tratamientos. La comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) mostró que para el tratamiento radiado a 7.5 min con 120W se presentó la mayor reducción con el 7.5%, seguido del tratamiento a 10 min y 120W (7%) y en menor proporción para el de 5 min con una potencia de 60W (2.52%) en comparación con el tratamiento control (no radiado) (Figura 3.24). Las esporas de *A. flavus* mostraron una mayor resistencia a inactivación para los otros tratamientos. Mientras que para el género *Fusarium spp.* que también estuvo presente en los granos de maíz no se presentaron diferencias con respecto al control (ver Anexo E).

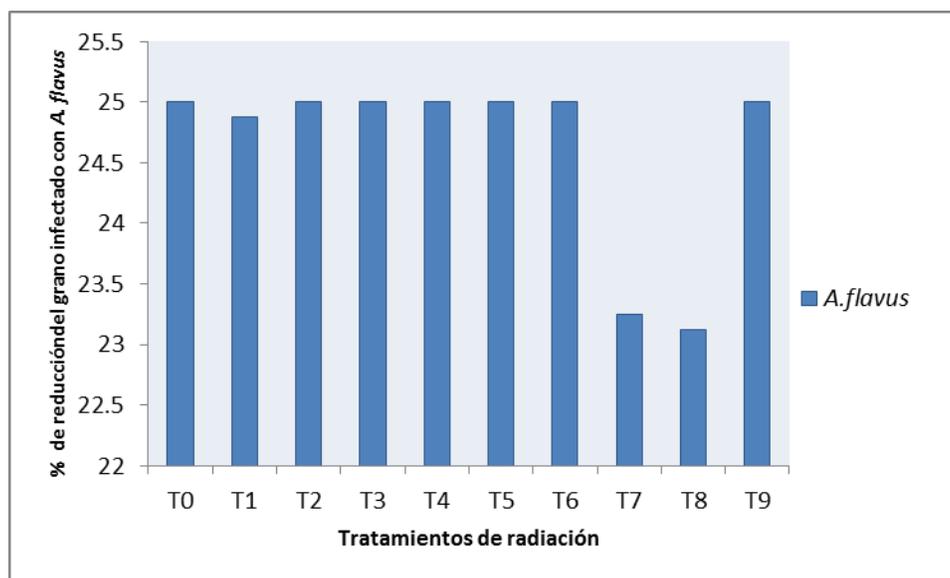


Figura 3.24. Porcentaje de reducción del grano de maíz inoculado con *A. flavus* después de someterlo a radiación UV-C a diferentes tiempos (Elaboración propia, 2011)

Aprendizaje: el aprendizaje obtenido en esta actividad se relaciona con la preparación de inóculo, y la potencia de radiación.

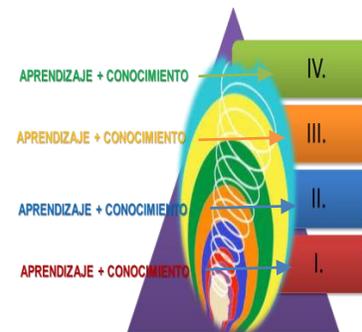
Conocimiento: que al irradiar con potencia mayor se obtiene respuesta positivas aunque en porcentaje reducido, para una cantidad de 30,000 conidios por mL como se observó, por lo cual se propone una nueva prueba disminuyendo la dosis de inóculo.

Pregunta de investigación: ¿Qué comportamiento tendrá la radiación ultravioleta sobre el grano de maíz inoculado con *Fusarium moniliforme* y *Aspergillus flavus*?

3.3.4 Tratamiento ultravioleta UV-C en granos de maíz híbrido comercial Leopardo inoculados con *Fusarium moniliforme* y *Aspergillus flavus*

3.3.4.1 Introducción

Unos de los principales agentes causales de enfermedades en el maíz son las especies *F. moniliforme* y *Aspergillus flavus*, estos hongos producen diversos metabolitos secundarios como las aflatoxinas y fumonisinas (Moreno *et al.*, 2000). La IARC (2002) las reporta posiblemente como carcinogénicas para el ser humano, principalmente se asocian a cáncer de hígado y esófago. Por ello es necesario el desarrollo de métodos sostenibles que controlen la cantidad de hongos asociados al grano de maíz. La radiación UV-C ha demostrado ser un método de desinfección para inactivar microorganismos y plagas en diversos productos vegetales no causando contaminación al medio ambiente (Rivero *et al.*, 2007; Shama, 2005).



3.3.4.2 Objetivo

Comparar la eficacia de la radiación UV-C en granos de maíz del híbrido Leopardo inoculación con dos cepas *Fusarium moniliforme* y *Aspergillus flavus*.

3.3.4.3 Hipótesis

Mediante los parámetros de radiación UV-C de 10 min y $65.2\mu\text{w}/\text{cm}^2$ de intensidad se logrará afectar la microbiota presente en el grano de maíz inoculado con *Fusarium moniliforme* y *Aspergillus flavus*.

3.3.4.4 Materiales y métodos

3.3.4.4.1 Material biológico

El grano de maíz (*Zea mays* L.) utilizado en esta prueba fue el “híbrido Leopardo (ciclo productivo, 2009) obtenido por la Universidad Autónoma de Chapingo, localizado en Chapingo, Texcoco, Estado de México. Se limpió el grano de maíz mediante observación visual, desechando grano dañado, posteriormente se uniformizó por tamaño en cribas de aluminio con orificios redondos y planos. A los granos sin desinfectar y desinfectados se le realizó el cálculo del contenido de humedad con seis repeticiones a 103°C a 72 horas (ISTA, 1993) (ver Anexo H).

3.3.4.4.2 Tratamiento ultravioleta a granos de maíz

La radiación se realizó en el Laboratorio Experimental Sistémico Transdisciplinario de la ESIME-Zacatenco, D.F. México. Usando prototipo radiador cerrado (90 cm de longitud) equipado con un tubo de cuarzo y ocho lámparas UVC (4136 G36T6- 15W) (a), produciendo una longitud de 254 y una intensidad de salida de $65.2\mu\text{w}/\text{cm}^2$ como medidor de intensidad se utilizó el modelo UVX digital radiometer de la compañía “UVP” (b) serial No. E290222. La distancia entre las lámparas UV germicidas y el tubo de cuarzo fue de 5 cm (c). Los granos se colocaron horizontalmente en forma homogénea (con el embrión hacia arriba) dentro del tubo de cuarzo (6 x 60 cm) de ancho y largo, respectivamente (Figura 3.25).

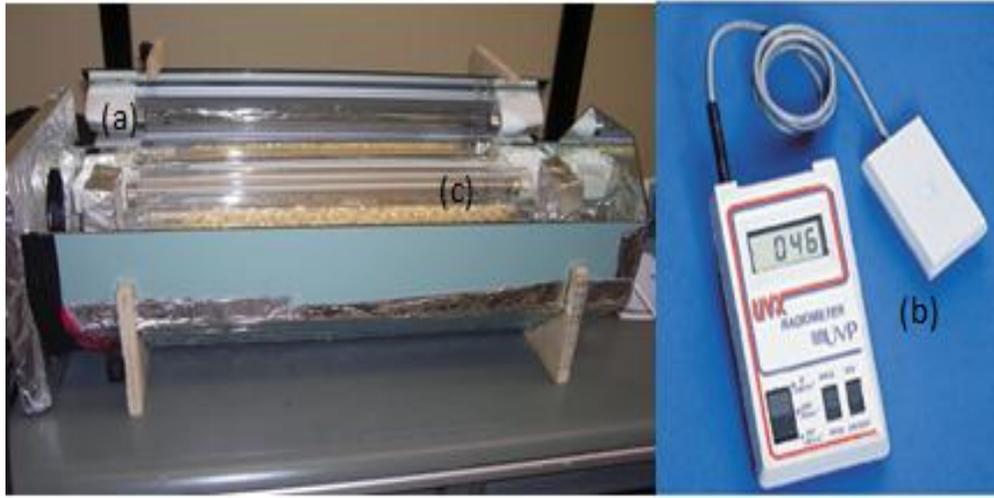


Figura 3.25. Prototipo irradiador (a) lámparas UV-C; (b) radiómetro digital UVX y (c) Tubo de cuarzo (Elaboración propia, 2012)

Previo a la inoculación, con el fin de eliminar la contaminación natural de los granos, se tomaron cuatro muestras y se les aplicó dos tiempos de radiación (3 y 5 min) usando el mismo prototipo descrito en Figura 3.25. Las otras cuatro muestras fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2% durante 1 min, se lavaron por 1 min con agua destilada, se eliminó el exceso de agua con toallitas sanitas estéril (Sauer y Burroughs, 1986) y se dejaron secar por cuatro horas a temperatura ambiente sobre la campana de flujo laminar. Posterior a la inoculación se sometieron las muestras irradiadas (3 y 5 min) y muestras desinfectadas a radiación ultravioleta UV-C a 10 min de exposición, más los controles (granos sin radiación), como proceso de desinfección (esterilización) (Bintsis *et al.*, 2000).

Los granos irradiados se transfirieron a cajas Petri esterilizadas para ser llevadas a determinar la microbiota. Los tratamientos de radiación se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar con 10 repeticiones, cuya unidad experimental fueron 10 granos. Los tratamientos de radiación fueron tres (3, 5 y 10 min) y dos diferentes condiciones de grano inoculado ($D_1 = 3,000$ y $D_2 = 6,000$ conidios/mL) y dos distintas especies de hongo (*F. moniliforme* y *A. flavus*) (ver Tabla 3.11).

Tabla 3.11. Arreglo para la radiación a los granos de maíz (Elaboración propia, 2012)

	No. de Tratamientos													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Intensidad 65.2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$														
Inóculados con <i>F.moniliforme</i>														
Inóculados con <i>A. flavus</i>														
Granos control (sin radiación)														
Tiempos de irradiación (min)														
3 (previo a inocular)														
5 (previo inocular)														
10 (ya inocular)														

Donde: D= desinfectados con hipoclorito de sodio al 2% por 1 minuto; SD= sin desinfectar; F₁ y F₂= 3,000 y 6,000 conidios/ml de *F. moniliforme*; A₁ y A₂= 3,000 y 6,000 conidios/mL de *A. flavus*; R₁= grano irradiado por 3 min previo a inocular; R₂= grano irradiado por 5 min previo a inocular 1=D,F₁; 2=D,F₂; 3=D,A₁; 4=D,A₂; 5=D,CONTROL; 6=SD,MICROBIOTA; 7=R₁,F₁; 8=R₂,F₂; 9=R₁,A₁; 10=R₂,A₂; 11=SD,F₁(control1); 12=SD,F₂ (control 2); 13=SD,A₁(control 3); 14=SD,A₂(control 4).

3.3.4.4.3 Inoculación del grano

Se utilizaron dos especies de hongos: *F. moniliforme* y *A. flavus* las cuales fueron inoculadas para el experimento en el laboratorio de Micología en la Unidad de Experimental en Granos y Semillas (FES-Cuautitlán, UNAM), ubicado en Cuautitlán Izcalli Estado de México (Figura 3.26). La especie de *Fusarium moniliforme* fue seleccionada por ser representativa en enfermedades como la pudrición de mazorca causadas al maíz (García y Martínez, 2010), y productor de fumonisinas tóxicas para la salud de humanos y animales al consumirse (IARC, 2002; Espinosa *et al.*, 2003) y por ser el género que tuvo mayor presencia en estudio previo con granos de maíz irradiados con UVC (Rodríguez *et al.*, 2011). Para la especie *Aspergillus flavus*, se tuvo en cuenta ya que es una de las especies principales productoras de aflatoxinas en granos de maíz (Moreno *et al.*, 2000). Además de ser el género inoculado en prueba anterior sin efecto positivo con la radiación. Cada una de las cepas fue sembrada en cajas Petri con dos medios de cultivos (PDA) y (MSA) (ver Anexo I). Para la separación del micelio se adicionaron 10 ml de agua destilada estéril con Tween 80 al 0.05% sobre la colonia del hongo. Cada suspensión de esporas fue puesta sobre una probeta de vidrio esterilizada de 100 ml con 40 ml de agua estéril con Tween 80 al 0.05% para la separación de la suspensión de los conidios

(Desjardins *et al.*, 1994). Una vez homogenizado, la suspensión se filtró con papel filtro previamente esterilizado y se agitó para eliminar el agar o restos del micelio. Para el conteo esporas se tomaron 10 μl con una micropipeta (BoecoGermany / 0.5 -10 μl) y se coloca en cada extremo del hemacitómetro (NeubauerImprovedMarienfeld GMBH&CO.KG), posteriormente se realizó la cuantificación de conidios/ml. Para esto se empleó la fórmula (1) del cual se despeja el volumen final (2) (Gilchrist *et al.*, 1995).

$$C_1V_1=C_2V_2 \quad (1)$$

Dónde:

C_1 = Concentración inicial (conocida en el conteo)

V_1 = Volumen inicial (establecido arbitrariamente al preparar el inóculo)

C_2 = Concentración final deseada (según el estudio a realizar)

V_2 =Volumen final (desconocido)

$$V_2= \frac{C_1xV_1}{C_2} \quad (2)$$

Obteniendo dos concentraciones de inóculo de (3,000 y 6,000) conidios/mL para cada una de las especies a inocular. Se prepararon 10 frascos de vidrio en los que se colocaron 100 granos de maíz y 500 ml de concentración de inóculo 3,000 y 6,000 conidios/ml de las cepas de *A. flavus* y *F. moniliforme*, de los cuales cinco se inocularon *A. flavus* y otros cinco con *F. moniliforme* (Tabla 3.8). Se taparon con plástico y tapa agitándolos por 2 minutos para lograr una homogénea distribución. Se incubaron por 24 horas a 25°C.

1. Preparación de suspensión de esporas



2. Conteo de esporas



4. Agitación del inóculo en la



3. Inoculación del grano con *F.moniliforme*
A. flavus (3,000 y 6000 conidios/mL)



5. Grano tapado e inoculado



6. Incubación del grano a 25°C por 24



Figura 3.26. Método para la inoculación del grano (Elaboración propia, 2011)

La Figura anterior, muestra el método para la inoculación del grano con las especies *F. moniliforme* y *A. flavus* comenzando con la preparación de suspensión de esporas, conteo de esporas, inoculación del grano, agitación del inoculo en la muestra para homogenizar, posteriormente se tapan los granos inoculados y se incuban por un periodo de 24 horas a 25°C.

3.3.4.4 Determinación de micobiota

Para determinar la micobiota presente en los granos de maíz, se utilizaron 100 granos seleccionados al azar para cada muestra y dos medios de cultivo papa dextrosa agar (PDA) y malta sal agar (MSA). Los granos inoculados con *Fusarium moniliforme* y *A. flavus* fueron sembrados en cajas Petri (10 granos en cada caja) con medio de cultivo PDA y MSA, respectivamente. Se colocaron en incubación por cinco días a 25°C (Inmediatamente después fueron evaluadas en base a la macro y micromorfología de cada colonia, siguiendo las claves taxonómicas de (Sampson *et al.*, 2002; Bacon y Nelson 1994; Moreno, 1998).

3.3.4.5 Análisis estadístico

Se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 12 tratamientos y 10 repeticiones. La unidad experimental constó de 10 granos por repetición. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias con la prueba DMS (diferencia mínima significativa), utilizando el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2002). Las diferencias mínimas significativas y altamente significativas se estimaron considerando una ($p \leq 0.05$); ($p \leq 0.01$), respectivamente.

3.3.4.5 Resultados

Los granos inoculados con *F. moniliforme* y sembrados en PDA presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) entre tratamientos, así mismo para los géneros *Penicillium spp.*, *Rhizopus spp.* y *Cladosporium spp.* Mientras que los granos inoculados

con *A. flavus* y sembrados en MSA presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.001$) para *A. niger*. No así para los géneros encontrados en la microbiota natural que no presentaron diferencias significativas (Tabla 3.12). La comparación de medias del porcentaje de reducción después de la exposición UV-C de granos de maíz Leopardo inoculados con 3,000 y 6,000 conidios/mL de ambas especies *Fusarium moniliforme* y *Aspergillus flavus*, se muestra en la (Tabla 3.13).

Tabla 3.12. Análisis de varianza del efecto de UV-C sobre granos de maíz híbrido Leopardo inoculados con *A. flavus* y *F. moniliforme* (Elaboración propia, 2012)

F.V.	G.L.	<i>F. moniliforme</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Rizhopus spp.</i>	<i>A. flavus</i>	<i>A. niger</i>	<i>Cladosporium spp.</i>	<i>Thongos</i>
<u>Micobiota natural encontrada en grano de maíz</u>								
Tratamiento	1	1.80ns	1.2500ns	31.25ns	-	-	0**	33.80*
Repetición	9							
Error	9							
MEDIA								
R2		0.496	0.80	0.65	-	-	1	0.690
CV		46.73	106.47	160.55	-	-	0	35.42
<u>Granos inoculados con <i>A. flavus</i> en MSA</u>								
<u>Dosis de 3,000 conidios/mL</u>								
Tratamiento	2	143.3ns	13.33ns	53.33ns	310ns	1203.3**	-	3160*
Repetición	9							
Error	18							
MEDIA								
R2		0338	0.42	0.46	0.28	0.69	-	0.45
CV		365.86	365.14	302.76	34.78	138.9	-	35.54
<u>Dosis de 6,000 conidios/mL</u>								
Tratamiento	2	23.33ns	-	-	823.3ns	1080**	-	3630**
Repetición	9							
Error	18							
MEDIA								
R2		0.35	-	-	0.40	0.79	-	0.60
CV		332.29	-	-	21.43	99.38	-	22.55
<u>Granos inoculados con <i>F. moniliforme</i> en PDA</u>								
<u>Dosis de 3,000 conidios/mL</u>								
Tratamiento	2	10243.3**	1213.3**	563.3ns	-	120ns	1934.5**	4510.3*
Repetición	9							
Error	18							
MEDIA								
R2		0.85	0.75	0.55	-	0.41	0.70	0.85
CV		38.08	103.6	208.7	-	389.6	130.98	49.43
<u>Dosis de 6,000 conidios/mL</u>								
Tratamiento	2	1403.3**	963.3*	270ns	-	-	653.21*	8053**
Repetición	9							
Error	18							
MEDIA								
R2		0.61	0.61	0.46	-	-	0.60	0.82
CV		43.45	173.5	306.9	-	-	153.75	35.27

**=Diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0.001$); *=Diferencia mínima significativa ($p \leq 0.005$); ns=no significativa.

Tabla 3.13. Comparación de medias del porcentaje de reducción de hongos en el grano de maíz híbrido Leopardo inoculado con *Aspergillus flavus* y *Fusarium moniliforme* después de la exposición UV-C (Elaboración propia, 2012)

Tratamientos	<i>F. moniliforme</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Rizhopus spp.</i>	<i>A.flavus</i>	<i>A.niger</i>	<i>Cladosporium spp.</i>	Thongos
Micobiota natural encontrada en grano de maíz							
5	4.6a	0.60a	0b	0a	0a	0.57a	5.3b
6	5.2a	0.1b	2.5a	0a	0a	0.57a	7.9a
DMS	2.3168	0.377	2.0303	0	0	0	2.3654
Grano inoculado con <i>A. flavus</i> sembrado en (MSA)							
Dosis 3,000 conidios/mL							
3	0a	0a	0b	64a	0b	0a	64b
9	1a	2a	0b	53a	0b	0a	56b
13	7a	0a	4a	60a	19a	0a	90a
DMS	9.16	2.28	3.79	19.28	8.26	0	23.38
Dosis 6,000 conidios/mL							
4	0a	0a	0a	70ab	0b	0a	70b
10	1a	0a	0a	67b	0b	0a	10b
14	3a	0a	0a	84a	18a	0a	14a
DMS	4.16	0	0	14.83	5.60	0	17.16
Grano inoculado con <i>F. moniliforme</i> sembrado en (PDA)							
Dosis 3,000 conidios/mL							
2	18b	0b	0b	0a	0a	0b	18b
7	26b	2b	0b	0a	0a	0b	28b
11	77a	20a	13a	0a	0a	24.09a	139a
DMS	14.44	7.14	8.50	0	7.32	9.88	28.64
Dosis 6,000 conidios/mL							
1	15b	0b	0b	0a	0a	1.84b	16c
8	36a	0b	0b	0a	0a	0b	36b
12	35a	17a	12a	0a	0a	14.82a	72 ^a
DMS	11.70	9.23	8.65	0	0	8.02	13.68

Medias con la misma letra en la columna no son significativas; (DMS, $p \leq 0.05$)

De la Tabla 3.13 se desprende que los granos inoculados con dosis de 3,000 y 6,000 conidios/mL de *F. moniliforme* expuestos a radiación UV-C por 10 min produjo una reducción de colonias presentes en el grano de 76.62 y 57.14%, en respectivamente. Mientras que los granos que se radiaron antes y después (3 y 5 min) de inocular presentaron una reducción de 66.2 y 2.85% con respecto al control (grano sin radiación) (Figura 3.27). El género *Penicillium spp.* mostró similar comportamiento en el efecto de la radiación para ambas dosis de inóculo después de 10 min de exposición, con respecto al control (Figura 3.27). Para *Rhizopus spp.* el tratamiento de radiación fue efectivo en ambos tratamientos y

en ambas dosis de inóculo (Figura 3.28). Otro de los géneros que se presentó fue *Cladosporium spp.*, que obtuvo una reducción de 100% y 87.5% para 6,000 3,000 conidios/mL, respectivamente (Figura 3.28). Los granos inoculados con *A. flavus*, y sembrados en MSA se observó reducción completa para *A. niger* después de someterlos a radiación con ambos tratamientos (Figura 3.29). *A. flavus* muestra que los granos que se sometieron a radiación previa de (3 y 5 min) tuvieron una reducción de 6.66% para la dosis de 3,000 mientras que para la dosis 6,000 se presentó una reducción de 16.6% en la cantidad de grano infectado (Figura 3.29).

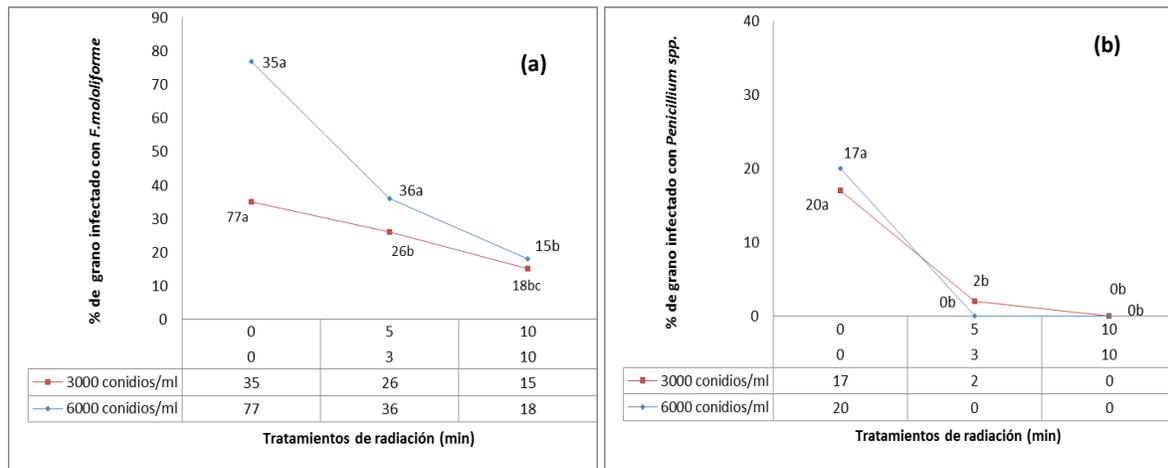


Figura 3.27 Porcentaje de reducción en el grano inoculado a 3,000 y 6,000 conidios/ml con *F. moniliforme* después de someterlos a longitud de 254 nm y 65.2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ de intensidad de radiación (a) *F. moniliforme*, (b) *Penicillium spp.* (Elaboración propia, 2011)

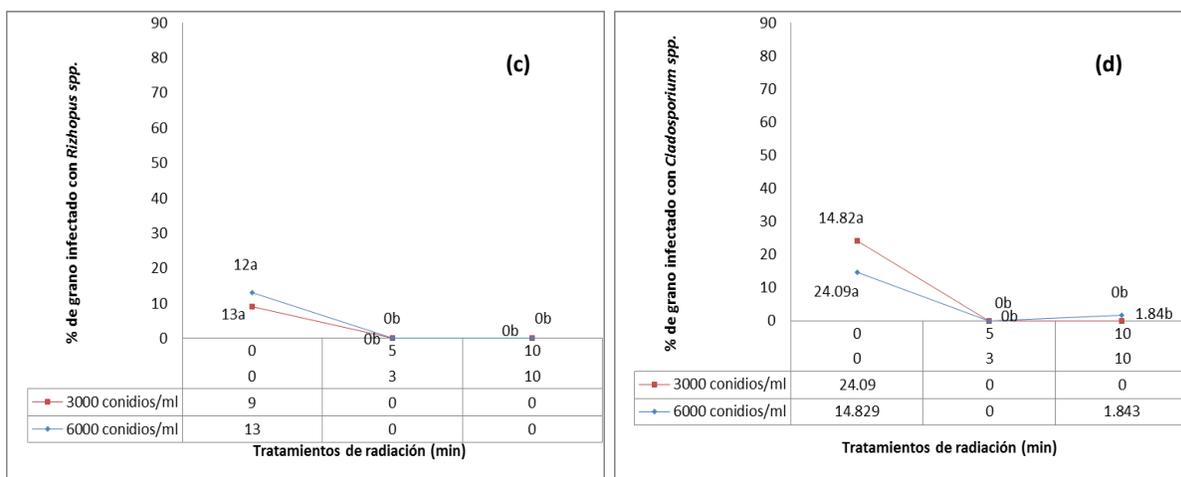


Figura 3.28. Porcentaje de reducción en el grano inoculado a 3,000 y 6,000 conidios/mL con *F. moniliforme* después de someterlos a longitud de 254 nm y 65.2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ de intensidad de radiación (c) *Rhizopus spp.*, y (d) *Cladosporium spp.* (Elaboración propia, 2011)

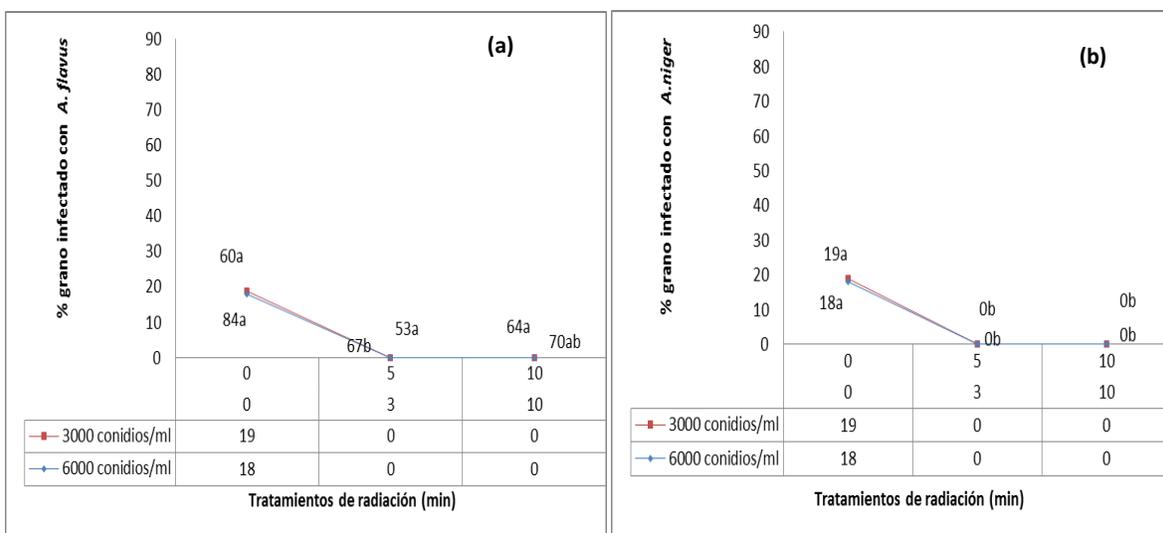


Figura 3.29. Porcentaje de reducción en el grano inoculado a 3,000 y 6,000 conidios/ml con *A. flavus* después de someterlos a longitud de 254 nm y 65.2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ de intensidad de radiación (a) *A. flavus*, (b) *A. niger* (Elaboración propia, 2011)

Aprendizaje: el aprendizaje obtenido en esta actividad se relaciona con la intensidad de radiación y la concentración de inóculo.

Conocimiento: que al irradiar con dosis de inóculo más bajas se obtiene respuesta efectiva en la reducción de esporas presentes en los granos, la especie *A. flavus* es más resistente a la radiación, mientras que para *F. moniliforme* la longitud y el tiempo de exposición a la radiación se observó un mayor efecto.

Con estos resultados, se logró demostrar que la radiación ultravioleta a una intensidad de $65.2\mu\text{W}/\text{cm}^2$, sobre granos de maíz híbrido Leopardo del ciclo agrícola 2009, inoculados con dos especies *F. moniliforme* y *A. flavus* y con una suspensión de esporas de 3,000 y 6,000 conidios/mL para ambas especies resultó efectiva en la reducción de colonias presentes en el grano inoculado con dosis de 3,000 conidios/mL para *F. moniliforme*. Mientras que para la especie *A. flavus* sembrados en MSA hubo una reducción menor, sin embargo si tuvo efecto en la especie *A. niger*. Es importante señalar que el efecto de la radiación ultravioleta en la inactivación de estos hongos, está sujeto a la cantidad de inóculo y además a la especie de hongo inoculado.

Ahora se da paso al camino de la evolución, aprendizaje y búsqueda del aporte al conocimiento. Integrando lo aprendido en esta fase de investigación experimental, y en vista del análisis y diagnóstico de la situación actual de la Fase I. Investigación de campo (definición del problema –focalización mundo real), se desarrolló la Fase IV. Investigación de impactos en el mundo real de ir más allá, y se reportan algunos impactos para las personas que trabajan el producto (granos de maíz) y a quien lo consumen.

3.4 Fase IV. Investigación de impactos en el mundo real

Como se mencionó en el capítulo anterior, la Fase donde el sujeto que investiga sale del laboratorio y vuelve a ver las necesidades del mundo real (proceso de retroalimentación continua) (Figura 3.26) de lo revisado (literatura científica) y comprobado en el (laboratorio).

3.4.1. Introducción

En esta Fase IV (Figura 3.30) se buscó a algunos de los personajes involucrados con la problemática, en esta investigación se seleccionó dentro de la cadena maíz - tortilla el grano que llega a los molinos donde finalmente es empleado para elaboración de tortilla y en último al consumidor, buscando su mejora tanto en el producto (materia prima) como en el efecto que tiene en la salud del humano. Se retoma la actividad “3.1.1.1.2 Evaluación de calidad sanitaria en grano de maíz”, con el objetivo de evaluar el efecto de la UV-C como tratamiento físico empleando 10 min de radiación ultravioleta con una longitud de onda de 254nm e intensidad de $32.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (Figura 3.31).

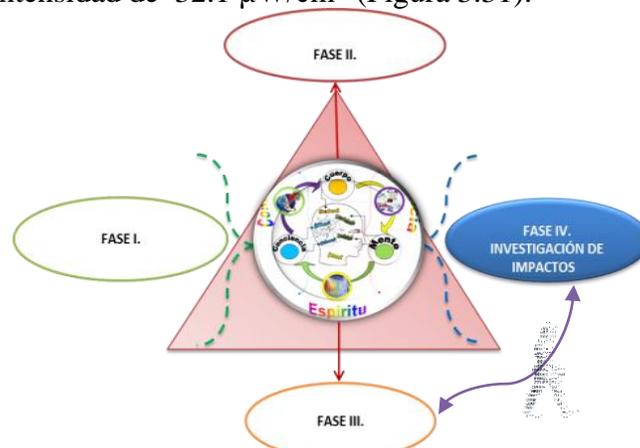


Figura 3.30. Fase IV. Investigación de impactos en el mundo real (Elaboración propia, 2012)

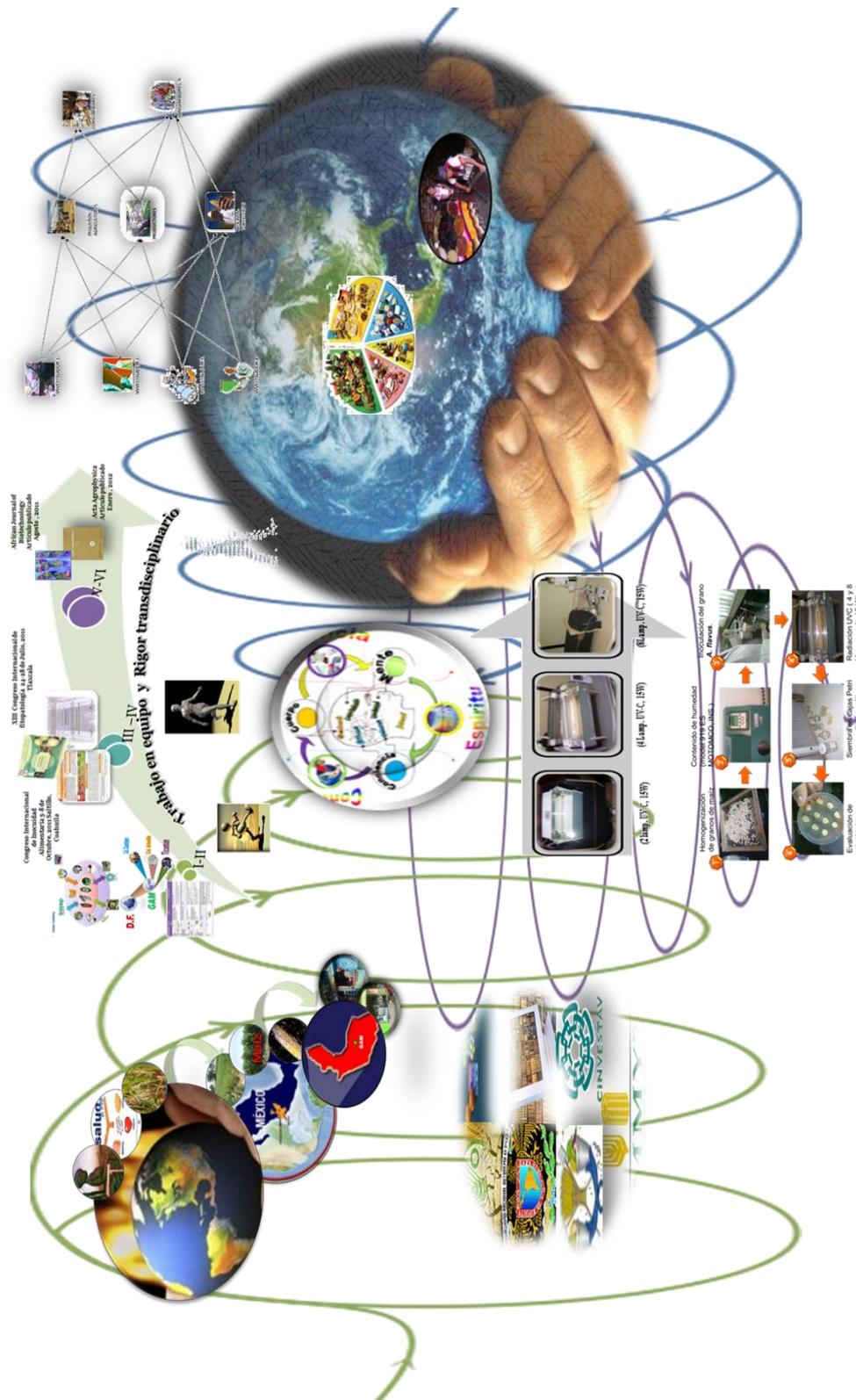


Figura 3.31. Visión rica de la metodología sistémica transdisciplinaria (Elaboración propia, 2012)

3.4.2. Materiales y métodos

En la presente investigación se utilizaron granos de maíz del mundo real (ver actividad 3.1.1.1.2.2) recolectados en molinos de la GAM en el 2011.

3.4.2.1 Caracterización del grano

Para determinar los componentes estructurales del grano de maíz, se seleccionaron aleatoriamente tres granos de cada híbrido de maíz empleados en las actividades experimentales: San Juan, H-159 y Leopardo, para estas mediciones se retiró el pericarpio del grano, el cual midió en promedio 0.07 mm. Para la obtención del espectro de reflectancia de cada una de los materiales se usó un espectrofotómetro UV-Vis con esfera integradora (Shimadzu UV-260) (Figura 3.32). Ambos procedimientos se muestran en el Anexo J.

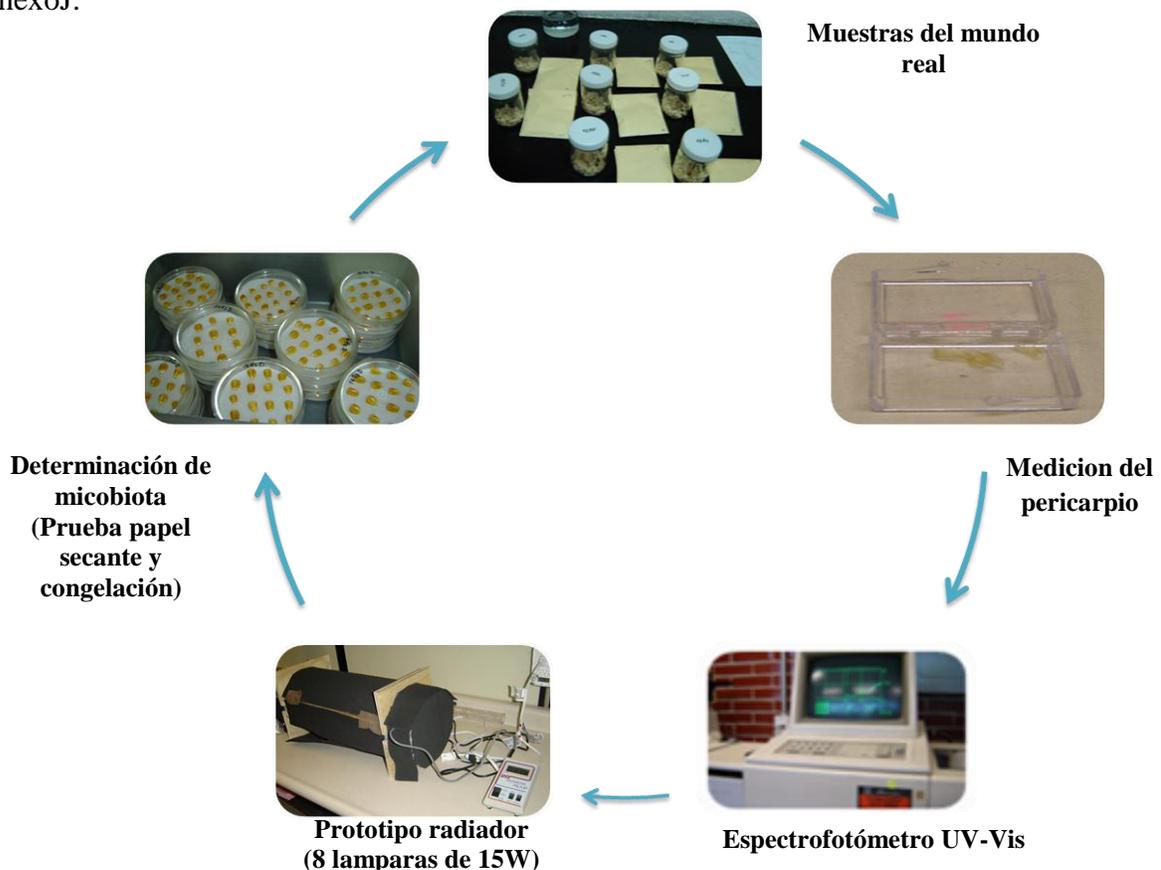


Figura 3.22. Método para la elaboración de la prueba impacto mundo real (Elaboración propia, 2012)

3.4.3. Resultados

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.001$) para los granos que no fueron sometidos a desinfección con hipoclorito antes de la radiación en los géneros *Fusarium spp.* y *Penicillium spp.*, excepto en los géneros *Mucor spp.*, *Eurotium spp.* y *Rhizopus spp.* Para el género *Alternaria spp.* se encontró diferencia estadística significativa ($p \leq 0.005$). La prueba de diferencias mínimas significativas (DMS) estableció diferencias entre los tratamientos (Tabla 3.4). La variación observada para *Fusarium spp.* entre tratamientos fue de 18.8 y 11.37 con una media 15.48, mientras que los géneros *Eurotium spp.* y *Mucor spp.* registraron los mismos valores con una media 15.48, mientras que el género *Alternaria spp.* mostró un incremento con respecto al control (Figura 3.33). El género *Penicillium spp.* y *Rhizopus spp.* presentaron los porcentajes más altos en reducción (76 y 97%) con respecto al control (grano sin radiación). Para el caso del género *Fusarium spp.*, se observó menor porcentaje de reducción 40% pero presentó mayor incidencia en la microbiota natural del grano (sin radiación), la mejor reducción se observó en el género *Rhizopus spp.* (97%), seguido de *Mucor spp.* y *Eurotium spp.* (85%), *Penicillium spp.* (70%) (Figura 3.34).

En cuanto a los granos de maíz que fueron sometidos a desinfección superficial con hipoclorito de sodio, no se presentó diferencias significativas entre tratamientos, ya que como se sabe la UV-C tiene efecto solo superficialmente (Allende *et al.*, 2006).

Finalmente, al llevar a cabo la radiación ultravioleta UV-C, como tratamiento alternativo en la calidad sanitaria del grano de maíz, se encontraron respuestas significativas en tres de los principales géneros que atacan al maíz como son: *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, y *Alternaria spp.*

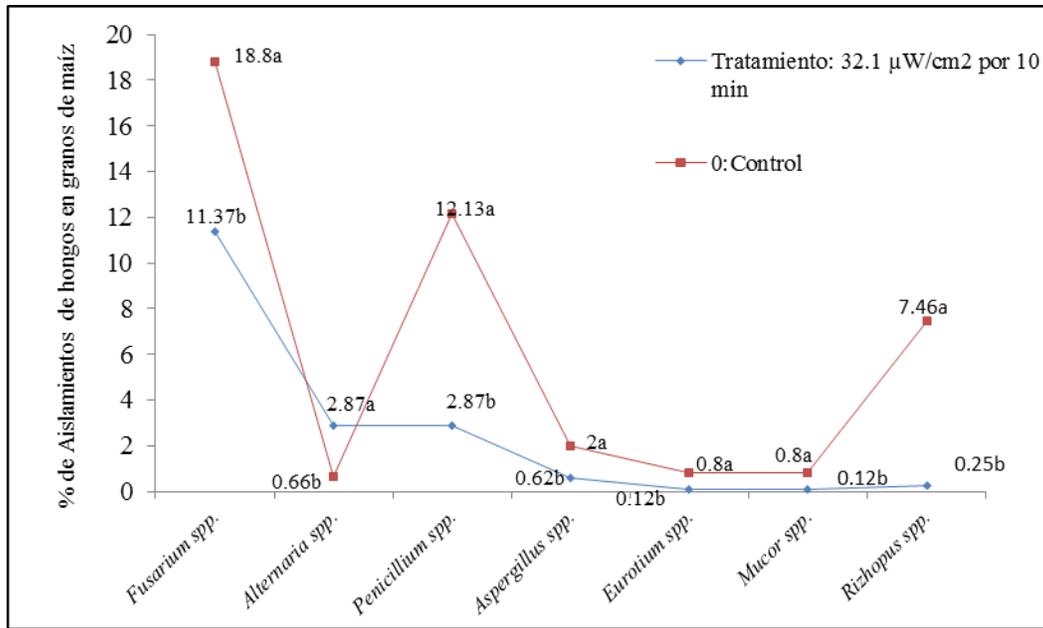


Figura 3.33. Efecto de la radiación ultravioleta con intensidad de 32.1μW/cm²sobre la micobiota encontrada en los granos de maíz del mundo real (Elaboración propia, 2012)

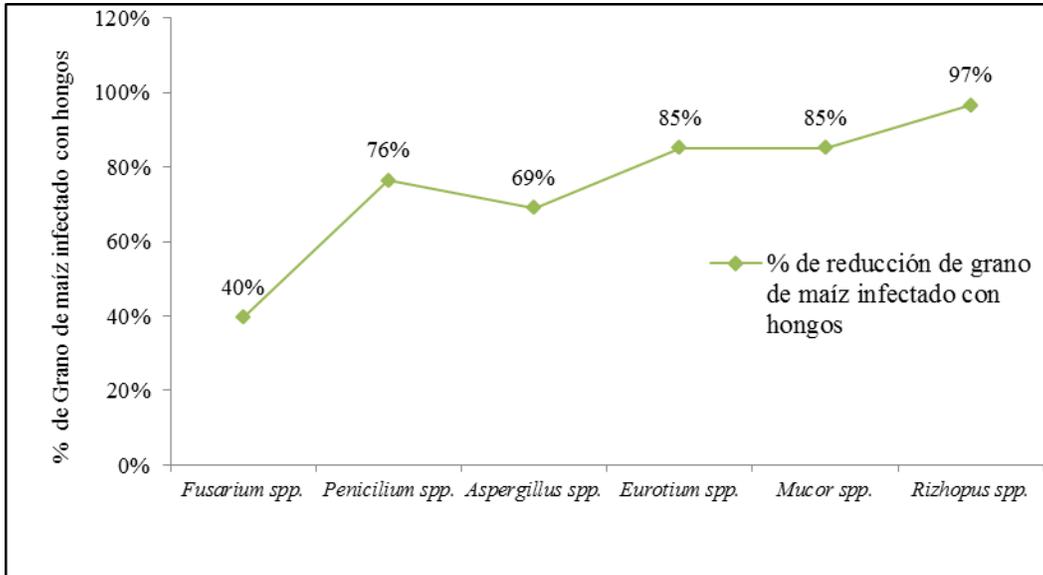


Figura 3.34. Efecto de 10 min de exposición a la radiación ultravioleta sobre el porcentaje de granos de maíz infectados con hongos (Elaboración propia, 2012)

Con respecto a los resultados obtenidos de la UV-C como método sostenible para mejorar la calidad sanitaria del grano de maíz empleado para elaborar tortillas, se reportaron los siguientes impactos: tecnológico, económico, científico, social, ambiental, entre otros.

3.4.4 Tecnológico

En este apartado se visualiza la utilidad del prototipo que se desarrolló para las pruebas experimentales (ver Anexo A). Llevándolo a una visión de las necesidades propias de la industria de los molinos y de los recursos con que se cuentan en este medio, se probaron tres prototipos, la longitud de onda manejada fue de 254 nm, la intensidad de la lámpara UV (vario en función de su potencia, tiempo de exposición e intensidad de radiación) (Figura 3.35). En cuanto a los materiales y al grano de maíz se realizaron pruebas con diez diferentes materiales (Figura 3.36), a los cuales se les hizo su caracterización que se incorporan en el Anexo J que hicieran el proceso de radiación más amigable y práctico para su uso (Tabla 3.14).

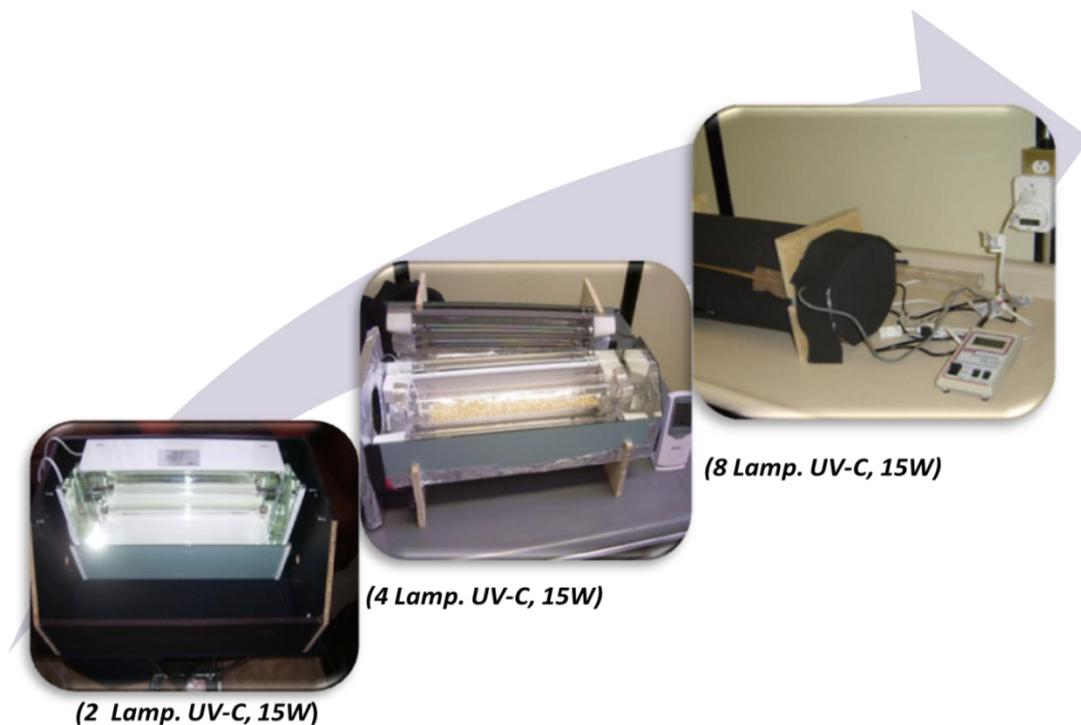


Figura 3.35. Evolución del prototipo elaborado para las pruebas (Elaboración propia, 2012)

En cuanto a los materiales que se utilizaron para elaborar el prototipo, se tiene ocho lámparas UV-C germicidas de 15W de potencia, tubo de cuarzo, soporte metálico y cajón de espejos. En vista que el tubo de cuarzo es un material costoso y frágil para llevarlo a la industria de molinos, se vio la necesidad de probar con otros materiales que fueran eficientes para la radiación. Se probaron diferentes materiales como fueron: cajas Petri vacía y con medio de cultivo, tubo de vidrio Pyrex, acrílico, bolsa de plástico y de celofán transparente (Figura 3.36). A estos materiales se les obtuvo su porcentaje de reflectancia (ver Anexo J) y su intensidad de radiación (Figura 3.37).

Para obtener la intensidad de radiación de cada material se utilizó un radiómetro UVX marca UVP de $200\mu\text{W}/\text{cm}^2$, y una lámpara de UV ultravioleta marca Philips TUV 15 W/G15T8. Los resultados obtenidos se observan en la Tabla 3.15. En la Figura 3.37 se muestran las medias de intensidad de radiación en los 10 min de exposición de cada muestra.



Figura 3.36. Foto de los materiales probados (1,2) cajas Petri 20*100 cm vacía y con medio; (3,4 y 5) vidrio diferentes tamaños; (6) caja Petri 15*100 cm; (7) bolsas de celofán; (8) bolsa de plástico; (9) cuarzo (10) acrílico (Elaboración propia, 2012)

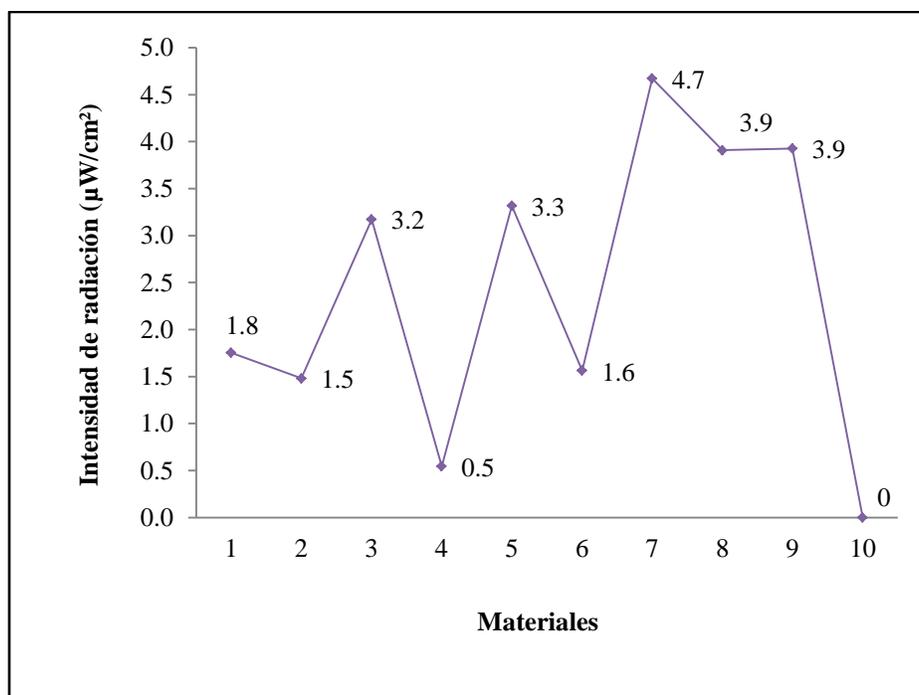


Figura 3.37. Medias de la intensidad de radiación ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) de cada uno de los materiales sometidos a 10 minutos de exposición (Elaboración propia, 2012)

Tabla 3.14. Diferencias entre los prototipos (Elaboración propia, 2012)

	PROTOTIPO 1	PROTOTIPO 2	PROTOTIPO 3
Material (caja)	Madera y vidrio	Espejos	Espejos
Facilidad de uso	Menos práctico	Práctico	Práctico
Potencia (W)	30	60	120
Lámparas	2	4	8
Intensidad de radiación ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	-	32.1	65.2
Distancias entre el cuarzo y la lámpara	Mayor	Menor	Menor
Costos	Menor	Mayor	Mayor

Tabla 3.15. Intensidad de radiación ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) de los diez materiales expuestos a radiación de 1 a 10 minutos (Elaboración propia, 2012)

TIEMPO (MIN)	MATERIALES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.8	1.5	3.1	0.2	3.3	1.4	4.8	3.5	3.2	0
2	1.9	1.5	3.4	0.2	3.3	1.1	4.7	3.6	3.4	0
3	1.9	1.4	3.3	0.2	3.3	1.1	4.6	3.5	3.5	0
4	1.9	1.4	3.3	0.2	3.2	1	4.5	3.5	3.5	0
5	1.8	1.4	3.2	0.2	3.2	1.2	4.5	3.5	3.5	0
6	1.8	1.5	3.2	0.2	3.1	1	4.4	3.5	3.6	0
7	1.9	1.4	3.1	0.2	3.1	1.1	4.3	3.5	3.4	0
8	1.7	1.4	3.1	0.2	3	1.1	4.2	3.5	3.4	0
9	1.8	1.4	3.1	0.2	3	1.2	4.2	3.5	3.4	0
10	1.8	1.4	3.1	0.2	3	1	4.2	3.4	3.3	0
Media	1.75	1.48	3.17	0.54	3.31	1.56	4.67	3.90	3.9	0

Donde: (1,2)= cajas Petri 20*100 cm vacía y con medio; (3,4 y 5)= vidrio diferentes tamaños; (6)= caja Petri 15*100 cm; (7)= bolsa de celofán; (8)= bolsa de plástico; (9)= cuarzo y (10)= acrílico.

Como se observa en la Figura 3.37 el material Bolsa de celofán=(9), presento una mejor recepción de la intensidad. El tamaño y costo del prototipo son accesibles y prácticos para la industria molinera.

3.4.5 Económico

El costo aproximado de cada uno de los elementos del prototipo oscilan entre:

Lámparas germicidas= \$ 350 c/u; Bolsa de celofán= \$ 8; Tubo de Cuarzo= \$ 400

Materiales eléctricos= \$ 200; Cajón de espejos y de madera para cubrir el prototipo= \$ 800.

Como se observa el principal interés que proporciona el uso de esta herramienta es de tipo económico, al posibilitar la reducción en la incidencia de hongos, lo que se traduce en menores pérdidas.

3.4.6 Científica

Con esta investigación se aporta al ámbito científico, un reporte sobre la utilidad de una técnica de desinfección no térmica, que permite no destruir la capacidad nutritiva (conservación de vitaminas, etc.) en el ámbito agrícola particularmente en granos, ya que como se menciona ha sido ampliamente estudiado en la desinfección de frutos y el agua pero no como desinfectante de granos.

3.4.7 Ambiente

Como se ha indicado anteriormente, se aporta una herramienta de desinfección menos agresiva con el medio ambiente (sin el uso de reactivos químicos). Técnica de desinfección que no genera residuos y es amigable con el medio ambiente.

3.4.8 Sociedad

En el sector agrícola no se comercializa aún un equipo con estas características de radiación ultravioleta, se utilizan otros tratamientos como la radiación gamma ejemplo característico es el estudio de Gálvez y Buitimea (2005) sobre el uso de la radiación en la conservación de alimentos. La radiación UV-C en la actualidad, se reduce a otros ámbitos tales como la desinfección de aguas o la esterilización de envases de plásticos, conservación de alimentos frescos (Rivera *et al.*, 2007). Por este motivo esta Tesis, pretende impulsar la adopción de esta herramienta en la industria de granos de maíz dedicado como primera parte al almacenamiento del grano en los molinos.

Con estos impactos, se da conclusión a este tercer capítulo, dando paso al capítulo 4 donde se reportan las Discusiones y Conclusiones obtenidas de las actividades experimentales, y de la investigación de campo para finalmente plantear trabajos futuros y referencias.

*DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y
PERSPECTIVAS PARA
FUTUROS TRABAJOS DE
INVESTIGACIÓN*

*“El genio es uno por ciento de inspiración y un noventa y nueve
por ciento de dedicación”.*

(Thomas Alva Edison)

CAPÍTULO 4 DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS PARA FUTUROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo, se detallan los apartados de discusión, conclusiones y perspectivas para trabajos futuros de investigación. La Discusión se centra básicamente en cada una de las actividades experimentales desarrolladas en el Capítulo 3, de acuerdo al proceso de evolución propuesto en la metodología sistémica transdisciplinaria (ver Figura 2.2). Las Conclusiones versan en relación a cada uno de los objetivos específicos establecidos para este documento de tesis abordan. En el caso de las perspectivas para futuros trabajos de investigación, se proponen los que se visualizan hasta el momento, derivados de cada una de las actividades desempeñadas de acuerdo al proceso de investigación realizado bajo la visión sistémica-transdisciplinaria.

4.1 Discusión

A continuación se presentan las discusiones de cada actividad experimental, marcando su proceso evolutivo dentro de la Fase III. Investigación experimental, observando el aprendizaje y enseñanza marcado en cada una de las actividades desarrolladas (Figura 4.1).

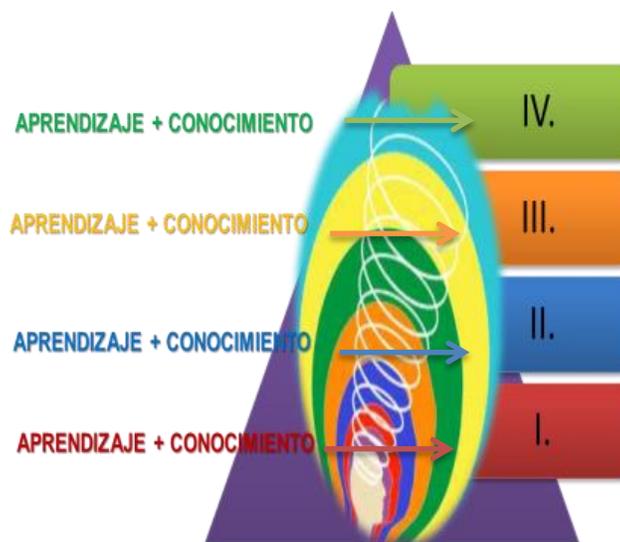
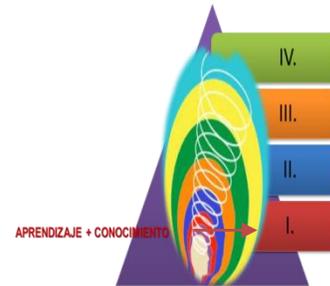


Figura 4.1. Proceso evolutivo del proceso de investigación (Elaboración propia, 2012)

4.1.1 Efecto de la luz ultravioleta UV-C, sobre la microbiota que afecta a los granos de maíz (*Zea mays* L.) híbrido San Juan desinfectado y no desinfectado

De los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se observa que el efecto de la radiación ultravioleta se incrementa cuando los granos son desinfectados previamente. En los granos que se sometieron a una desinfección superficial con una solución de hipoclorito de sodio la reducción fue mayor para la especie

F. moniliforme que en los granos que no se desinfectaron. Esto sugiere que para tratamientos de desinfección de hongos que se encuentran endógenamente en el grano, éstos no reciben intensidad de luz ultravioleta comparándola con los granos no desinfectados. La luz ultravioleta al aplicarse en combinación con hipoclorito de sodio para inhibir la microbiota natural asociada al grano; puede ser útil siempre y cuando la infección sea externa, siendo este su principal limitación de este tratamiento es la capacidad de penetración, que es mínima, por lo que únicamente es eficaz en superficies o en agua y otros líquidos claros (Guerrero y Barbosa, 2004). Así, los tiempos óptimos para reducir los hongos varían si se emplean desinfección o no; debido a que hay una mayor absorción de la intensidad de luz en la parte superficial del grano sin desinfección, las distancias óptimas de radiación también varían.



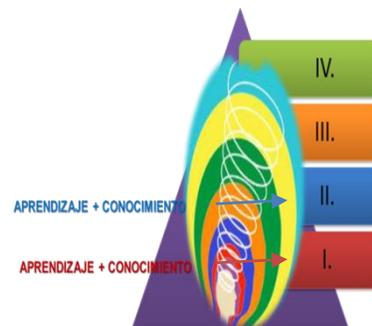
El uso de la luz UV-C como técnica de conservación de productos alimenticios se conoce desde principios del siglo XX y existen diversos estudios en este sentido (Abshire y Dunton, 1981). En relación a su empleo como desinfección se ha utilizado especialmente como tratamientos en agua (Chang *et al.*, 1985), frutas y verduras a bajas dosis para conservar su vida útil (Ben-Yehoshua *et al.*, 1992), entre otros tipos de usos como la higienización de la cascara de huevo (De Reu *et al.*, 2006). Donde los resultados fueron positivos en varios de ellos. Los diferentes autores encontraron que la luz UV-C era más eficaz en la eliminación de los microorganismos saprófitos que de microorganismos coliformes potencialmente patógenos (De Reu *et al.*, 2005).

Por otro lado, los resultados encontrados en esta actividad de investigación, permitieron conocer el efecto de la radiación ultravioleta en función de la distancia de radiación del grano, del tiempo de radiación y del proceso del tratamiento.

Así mismo, cabe mencionar que reportes en la literatura puntualizan la importancia del tratamiento con luz ultravioleta como medio de desinfección superficial en diferentes alimentos, pero no reportan su efecto en granos. Por lo que podrían estarse llevando a cabo diferentes estudios que permitan observar sus efectos.

4.1.2 Efectos de tratamientos ultravioleta UV-C sobre la microbiota en granos de maíz (*Zea mays* L.) híbridos San Juan y H-159

En estos resultados se encontró que los granos de maíz híbridos San Juan y H-159 radiados con luz ultravioleta UV-C y expuestos a diferentes tiempos, lograron reducir el porcentaje de grano infectado con *Fusarium spp.* y la especie *F. moniliforme*, lo cual indica que la radiación con luz ultravioleta UV-C en combinación con hipoclorito de



sodio pudiera ser usado como medio germicida para el control de incidencia del género *Fusarium spp.*, en granos de maíz híbrido San Juan y H-159. Ya que se ha comprobado el efecto germicida de la radiación UV-C a longitud de onda 254 nm se ha empleado en la desinfección de diferentes alimentos (Allende *et al.*, 2006), además se utiliza como alternativa para la esterilización química de microorganismos en superficie inactivas y en frutos (Stevens *et al.*, 1998). En este trabajo se observó una disminución de la cantidad de grano infectado con este género, de tal manera que se puede decir que es una alternativa para la esterilización superficial de granos de maíz. Además se encontró que los efectos de los tratamientos difieren en función del híbrido de maíz y tiempos de exposición a la radiación (Guerrero y Barbosa, 2004; Rivera *et al.*, 2007). Estos resultados también han sido encontrados por diversos autores en la inactivación de los microorganismos *Escherichia coli* W1485 y las esporas de *Bacillus cereus* en leche de soya (Bandla *et al.*, 2012), y en algunos de los productos de huevo líquido y jugos frescos (Unluturk *et al.*, 2008; Franz *et al.*, 2009).

Por otra parte, se muestran que los tratamientos aplicados que tuvieron mayor reducción en las variables estudiadas (Porcentaje de grano infectado por *Fusarium spp.*, y la especie *F. moniliforme*) efectivos fueron: 10 y 30 minutos, de radiación a longitud de onda de 254 nm y una potencia de 15W para los híbridos H-159 y San Juan respectivamente. Por otro lado, en la muestra de granos control (sin radiación) del híbrido San Juan, la presencia de *Fusarium spp.*, fue del 36.75 %, mientras que en el caso del híbrido H-159, *Fusarium spp.*, fue reducido en 24.5% y *Penicillium spp.* 3.5%, las especies identificadas de *Fusarium* fueron *F. moniliforme* 13.5%, *F. dimerium* (8.5%), y *F. graminearum* (6.36%). Como pudo observarse, el género de mayor incidencia en ambos híbridos de maíz fue *Fusarium spp.* En ambos casos fue menor que el nivel reportado por Hernández *et al.*, (2007) en el maíz cultivado en el Norte de Tamaulipas, México (76 %). Estas diferencias pueden deberse a los diferentes climas en cada una de esas regiones-Zumpango, Edo de México, tiene un clima seco y templado, con temperatura promedio de 15°C (García, 1987), y Rio Bravo, Tamaulipas (México), un clima semiseco, con temperatura media por encima de 28 °C (Hernández *et al.*, 2007). Algunos autores (Shelby *et al.*, 1994; Shephard *et al.*, 1996) sugieren que los climas cálidos y secos son adecuados para una mayor incidencia de *Fusarium spp.*

Entre las especies de *Fusarium spp.*, que se encontraron en el grano de maíz, *F. moniliforme* y *F. graminearum* son productoras de fumonisinas (Fandohan *et al.*, 2003; Munkvold, 2003), ambas tóxicas para el consumo humano y animal (Placinta *et al.*, 1999), siendo además las especies que causan pudrición de mazorca (De León, 1984; García y Martínez, 2010). Por lo tanto es necesario desarrollar tratamientos biofísicos que reduzcan las diferentes especies que invaden al grano de maíz. En este trabajo de investigación se encontró que la irradiación de los granos de maíz con luz UV-C antes de la desinfección con hipoclorito de sodio puede modificar la cantidad de grano infectado con hongo en comparación con los granos control (granos sin radiación).

Por otro lado, se observó que la especie *F. oxysporum* presentó menor presencia en el híbrido San Juan y no estuvo presente en H-159. De acuerdo a lo reportado por García y Martínez, (2010), esta especie tiene gran capacidad para producir toxinas con importantes

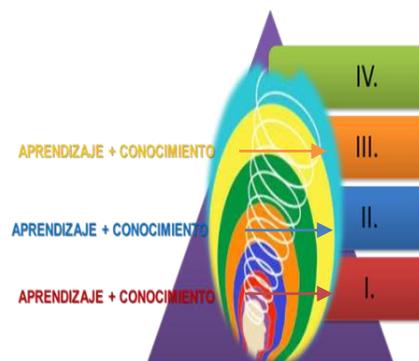
consecuencias en la salud y en el aspecto económico, ya que pueden reducir la producción del grano.

Por otra parte, la reducción de microorganismos mediante la aplicación de tratamientos UV ya ha sido reportada. En la región UV-C a dosis de (1.3 a 4.0 KJ/m²) siendo efectivo en la reducción de enfermedades causadas por *Alternaria*, *Botrytis cinérea* y *Rhizopus stolonifer* en tomates (Liu *et al.*, 1993). Los efectos producidos por la irradiación UV pueden ser benéficos o causar algún daño, dependiendo de las características de la radiación (potencia, intensidad, distancia, región de UV y tiempos de exposición), del hongo y del material biológico que lo contiene. En la mandarina mediante la aplicación de la radiación UV-C después de 10 minutos se presentó inactivación de la especie *Penicillium digitatum* ocasionando lesiones como la quema y oscurecimiento de la superficie del fruto Kinay *et al.*, (2005). Además, Stevens *et al.*, (1997) reportaron tratamientos con UV-C efectivos para contrarrestar la podredumbre causada por *Monilia fructicola* en durazno, el deterioro por ataque de *P. digitatum* en mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), y la pudrición causada por *R. stolonifer* en tomate. Erkan *et al.*, (2001) obtuvieron en tiempos de 10 y 20 min de exposición con radiación UV-C reducción significativa en la actividad microbiana y el deterioro durante el almacenamiento de rodajas de calabacitas (*Cucurbita pepo* L., cv. Tigress). Mientras Hidaka y Kubota, (2006), reportaron una estimado del 90% en 5.6 horas de radiación con UV-C a 97W/m² de intensidad en la reducción de granos de trigo infectados con *Aspergillus spp.*, y *Penicillium spp.*

De acuerdo con los resultados de esta investigación se puede decir que la energía producida por las lámparas de UV resultó ser un método válido y de bajo costo que podría mejorar la calidad sanitaria del grano de maíz. Sin embargo, las investigaciones futuras tendrían que ser realizadas tomando un espectro más amplio de parámetros de radiación y diferentes granos, además llevando procesos de inoculación y aplicaciones en distintas etapas empleadas en la elaboración del nixtamal.

4.1.3 Tratamiento ultravioleta del grano de maíz híbrido comercial Leopard sobre el desarrollo de *A. flavus* en maíz inoculado

En este tercer nivel evolutivo de las actividades experimentales llevadas a cabo, se discute lo referente al objetivo planteado evaluar el efecto de la radiación ultravioleta UV-C sobre la incidencia del grano de maíz inoculado con *A. flavus*, en donde se encontró una reducción de la cantidad de grano infectado empleando luz ultravioleta con un arreglo de cuatro y ocho lámparas de UV-C de 15W.



Los resultados obtenidos en tres tiempos de exposición muestran diferencias en los tratamientos (tiempos y potencias de radiación) de los granos en comparación con el control (granos sin radiación). De acuerdo con estudios realizados, se ha encontrado que estas diferencias pueden ser atribuidas a la potencia de radiación (Vasilevski, 2003). Aunque los porcentajes de reducción del grano no fueron muy altos se ha logrado evidenciar un cambio en la cantidad de infección en el grano de maíz inoculado empleando tratamientos ultravioleta (Rodríguez *et al.*, 2011).

Otras investigaciones en alimentos líquidos como jugos de uva y arándanos inoculados con *Saccharomyces cerevisiae* han encontrado que al incorporar tratamientos con luz ultravioleta UV-C a intensidad de $(25\text{mW}/\text{cm}^2)$ como fuente germicida, se observó un efecto máximo de 0.53 y 2.51 (cfu/mL), para los zumos de uva y arándanos después de 30 min de tratamiento (Guerrero y Barbosa *et al.*, 2009). En otro tipo de frutos como la avellana se logró reducir la presencia del género *Aspergillus* a diferentes tiempos de exposición de tratamiento UV-C, solo en 6 horas fue suficiente para producir casi el 25% de reducción en aflatoxina (Basaran, 2009). En el caso del efecto de la radiación UV in vitro para eliminar las micotoxinas zearalenona (ZEN) y deoxinivalenol (DON) en alimentos se evaluaron dos intensidades de 0.1 mWcm^{-2} a 254 nm de UV ($24\text{ cm}^{-2}\text{ MW}$) confirmando que la radiación UV es efectiva para reducir los niveles de ZEN y DON

cuando el tiempo de irradiación se aumenta y a los 60 min fue indetectable la presencia de las micotoxinas (Murata *et al.*, 2009).

Por otro lado, otros autores han encontrado al género *Aspergillus* como contaminante de granos durante el cultivo, cosecha y almacenamiento del maíz (Abbas *et al.*, 2002), algunas especies de *Aspergillus* son productoras de potentes micotoxinas como las aflatoxinas potencialmente causantes de cáncer en animales y humanos (Dvorackova, 1990; Guo *et al.*, 1996), particularmente en regiones cálidas y húmedas (Moreno *et al.*, 2000). En el caso de la ciudad de Mexico se encontró que 392 muestras de tortillas de maíz el 17% presentaron una de las cuatro aflatoxinas en las tortillas, pero cabe señalar que no las elimina completamente. De éstas, el 13% rebasaron el límite máximo permisible establecido por la NOM-187-SSA1-2002 que establece 12 ppb en tortillas y tostadas de maíz (Castillo *et al.*, 2008).

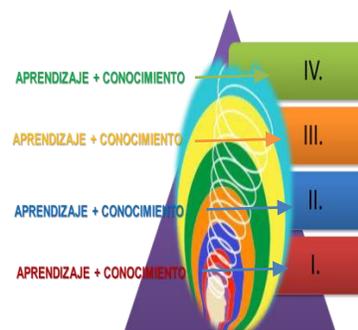
Por otra parte, cabe mencionar que reportes en la literatura científica puntualizan la importancia de tratamientos UV para la desinfección superficial en frutos, hortalizas, líquidos, aire entre otros pero no en granos de maíz (*Zea mays* L.).

Tal como menciona Castro y Escartín (2000), aun cuando las concentraciones de patógenos usadas en el estudio, pudieran no ocurrir en condiciones reales, el riesgo que puede causar debe ser enfatizado. A pesar que en esta prueba no se logró eliminar la especie *A. flavus*, se observa que el efecto de la radiación depende también de la cantidad de inóculo que contenga el grano. Por lo que se sugiere probar variando la cantidad y la especie de inóculo y la combinación de luz UV-C con el hipoclorito de sodio, ya que en pruebas anteriores resultó ser efectiva en la desinfección de microbiota natural de granos de maíz (Rodríguez *et al.*, 2011).

4.1.4 Tratamiento ultravioleta UV-C en granos de maíz híbrido comercial Leopardo inoculados con *Fusarium moniliforme* y *Aspergillus flavus*

En este cuarto nivel evolutivo se encontró que los granos de maíz inoculados con una suspensión de esporas de 3,000 y 6,000 conidios/mL de ambas especies fueron susceptibles al efecto de radiación. En este estudio, los granos de maíz inoculados con esporas de *F. moniliforme* y sembrados en PDA mostraron reducción en ambas dosis de inóculo 3,000 y 6,000 conidios/mL en todos los tratamientos después de

10 min de radiación, mientras que en los granos que se sometieron a radiación previa (3 y 5 min) a la inoculación y después de ella (10 min), mostraron menor reducción con respecto al grano control (sin radiación). Como *A. flavus* es conocida como una de las especies más resistentes a la radiación UV-C, esta especie fue elegida para sembrarse en medio MSA ya que se conoce como idóneo para su desarrollo (Moreno, 1998) inoculando con dos dosis de inóculo 3,000 y 6,000 conidios/mL.



En este estudio además, de los hongos inoculados también se observó la presencia de otras especies como *A. niger*. Observando que *A. niger* pareció ser más resistente en la microbiota natural, los resultados mostraron buena reducción de los valores obtenidos en granos sembrados en MSA, con reducción total del grano infectado después de 10 min a exposición UV-C. A medida que el número de esporas fue mayor en los granos, se observó menor porcentaje de reducción a la radiación UV-C. La supervivencia de las esporas de *A. flavus* en los granos de maíz puede explicarse debido a que son más resistentes al calor y a la desecación de los conidios (Anderson *et al.*, 2000). Es probable que las esporas de mismas dosis tengan resistencia adicional cuando se someten a radiación previa a la inoculación que cuando se desinfectan con hipoclorito de sodio, ya que como se sabe la radiación UV-C solo actúa superficialmente (Begum *et al.*, 2009), y las esporas que quedan en la parte interna del grano no se eliminan.

El efecto de la radiación UV en grano de maíz inoculado con *F. moniliforme* y *A. flavus* varía entre especies. Algunas de las especies tienen paredes delgadas, conidios hialinos y

algunos tienen melanina que contiene conidios con pigmentación oscura (Bell y Wheeler, 1986). Las esporas que no tienen melanina de protección tienen menos defensa frente a la radiación ultravioleta (Durrell y Shields, 1960). Como el caso de *F. moniliforme*, *Penicillium spp.* y *Eurotium spp.* Que producen conidios ligeramente pigmentado más susceptibles a la UV-C (Valero *et al.*, 2007).

En este estudio *A. niger* mostró la mayor sensibilidad a la radiación UV-C aunque se conoce que sus conidios son más resistentes a la luz ultravioleta debido al alto nivel de absorción UV por su pigmento de la melanina (Anderson *et al.*, 2000). Tal como se ha observado en otros estudios (Begum *et al.*, 2009). Green *et al.*, (2004) informaron que dosis de 35 mJ/cm² de radiación ultravioleta puede causar 90% de inactivación de *A. flavus* en superficie de agar.

Otros autores reportan que la radiación ultravioleta influyó significativamente en la reducción de patógenos inoculados con un promedio de 5.51 log₁₀ cfu *E. coli* O157:H7 para lechuga de hoja verde y 5.39 log₁₀ de *Salmonella spp.*, en la superficie de manzanas Red Delicious, y tomates (Begum *et al.*, 2009), empleando dosis de luz ultravioleta 6mW/cm².

Guerrero y Barbosa (2004). Explicaron que para obtener una óptima respuesta de la radiación ultravioleta, la luz UV-C se debe aplicar directamente sobre la superficie de materiales transparentes tales como aire, agua, polietileno y cuarzo. El cuarzo utilizado en esta actividad experimental manejó una media de intensidad de luz de 3.9μW/cm² (ver Tabla 3.11).

4.2 Discusión de la investigación de campo

En relación a los resultados obtenidos en las tres actividades de campo para el conocimiento de la situación actual se encontró que los granos que se emplean para elaborar tortilla presentan mayor incidencia de contaminación con hongos de campo *Fusarium spp.* El manejo inadecuado del grano durante su transporte y almacenamiento generalmente ocasiona la mala calidad generando el incremento del hongo. El manejo

inadecuado de las temperaturas de almacenamiento en el almacén también es un factor que promueve el desarrollo de hongos potencialmente toxígenos. Munkvold, (2003) encontró que las temperaturas óptimas para almacenar el grano no debe exceder preferentemente los 20°C. En los molinos donde se recolecto el grano de maíz para esta investigación según lo reportan los encargados las temperaturas medias oscilan entre 24 y 28°C diariamente, ya que en su mayoría lo mantienen a temperatura ambiente, favorables para el desarrollo de hongos. A pesar que la incidencia del hongo no está relacionada con la producción de fumonisinas se realizó una prueba para evaluar la presencia de estas. Del cual se obtuvo que la cantidad de fumonisina producida fue en menor concentración de 560 µg/kg, mientras que la máxima fue de 3,100 µg/kg de una muestra recolectada en Cuauteppec barrio bajo, producida en Toluca, siendo el límite máximo permisible para su ingesta diaria 2µg/kg (Reglamento de la Comisión Europea (ce) no (856/2005). En general todas las muestras evaluadas representan un promedio aproximado de 1,420µg/kg potencial tóxico para la salud humana y animal. Por ello, las instituciones encargadas de supervisar la sanidad de los alimentos deben implementar las medidas necesarias para controlar la cantidad de fumonisinas en el grano de maíz utilizado en la Delegación Gustavo A. Madero. Ya que se conoce que la norma oficial mexicana (NOM-187-SSA1/SCFI-2002), solo tiene reglamentado el contenido de aflatoxinas, pero no el de fumonisina.

4.3 Discusión general

En relación a la perspectiva transdisciplinaria empleada, en esta investigación se observa que la transdisciplinaria es una metodología distinta a las tradicionales disciplinarias, interdisciplinarias y mutidisciplinarias empleadas para generar conocimiento (Basarab, 1998). La Transdisciplina invita a trabajar por entre disciplinas y no disciplinas. En esta investigación fueron parte del proceso diferentes disciplinas y elegido un sistema, teniendo subsistemas y suprasistema. s son parte de este proceso evolutivo, así como lo son también las experiencias y puntos de vistas de personajes que viven el problema (pequeños productores y dueños de molinos). El problema ubicado en un sistema, suprasistema y teniendo subsistemas. Entonces en la transdisciplinaria se reconoce que la fragmentación de la ciencia en la búsqueda de explicar fenómenos condujo a la aparición de

miles de especialidades, llegando un momento a estar construyendo la torre de Babel; de acuerdo con Basarab (1985): la torre del conocimiento; en donde los que pertenecen a determinada disciplina no saben todo y tampoco tienen toda la experiencia de su respectiva especialidad pero hoy con un agudizado problema para dialogar, siendo el dialogo entre disciplinas y no disciplinas indispensables si se pretende participar en la resolución de problemas complejos que son los que se viven en el mundo real. Se requiere la combinación de sistemas científicos de conocimiento, del conocimiento orientado a lo social, y de una transformación en el conocimiento. De tal forma que la unión de saberes, de conocimiento resulta importante y más productivo. Entonces cuando se acepta el talento de cada especialista se suman esfuerzos es decir, se suman talentos y se construye una “arquitectura transdisciplinaria de la integración del conocimiento” (Scholz y Marks; véase Klein T.J., 2004), requiere trabajar con epistemología, metodología y organización.

La epistemología implica una teoría holística de los fundamentos de un proyecto, la validación y límites de los datos y aseveraciones, así como aproximaciones a la resolución de un problema particular. La clave para este proceso de investigación es la participación (Klein *et al.*, 2004). Si lo comparamos con la metodología de investigación propuestas por autores como Hall (1692); Quade y Boucher, (1968) en donde se observa que ambas metodologías tienen el enfoque de sistemas aunque ninguna de ellas toma la definición básica que un sistema sea más que la definición general, por ejemplo las interconexiones. O como lo plantea la metodología de Jackson, (1951) marcando tres Fases: planeación, continuidad y holística, o la del método científico que involucra diferentes áreas pero sin remarcar la participación del sujeto como parte del objeto de estudio. Por todo esto, es necesario plantear soluciones usando el pensamiento sistémico transdisciplinario y ponerlo en acción para lograr impactos viables que emergen en el contexto local y global, buscando la colaboración entre las personas y entre las culturas (mundo real), como es el objetivo de esta investigación de plantear métodos sostenibles para mejorar la calidad de alimentos en particular granos de maíz (*Zea mays* L.).

4.4 Conclusión

De acuerdo a los resultados de la investigación bajo la perspectiva sistémica transdisciplinaria se concluye que logró generar conocimientos importantes para el control de hongos en granos de maíz, al ir más allá de los límites de las diferentes áreas del conocimiento disciplinar, de los sujetos y objetos que pertenecen a esas áreas, de la sociedad y del entorno, que permite tener una visión de la realidad más completa, más integrada y, más real donde los seres humanos se **auto-observan, observan dialogan y conciben**. Con el fin de tomar conciencia de la interconexión con el mundo y de la responsabilidad como seres humanos del planeta.

Por otra lado, en la investigación de campo los resultados obtenidos mostraron evidencia que el grano de maíz procedente de 30 molinos de la zona norte de la Delegación Gustavo A. Madero evaluados se encuentran contaminado en mayor porcentaje por el género *Fusarium spp.* con mayor predominio en las especies de *F.moniliforme* y *F. graminearum*, potencialmente productoras de micotoxinas. Considerando la necesidad de una mejora en la calidad sanitaria del grano de maíz se concluye que la radiación ultravioleta UV-C es un método viable para ser usado en la reducción de micobiota natural, y en particular el hongo *Fusarium spp.* ya que al ser irradiado bajo los parámetros de 10 min y $65.2\mu\text{w}/\text{cm}^2$ de intensidad se ve modificada la cantidad de grano infectado.

Ahora se sigue con las conclusiones obtenidas en cada actividad experimental para luego detallar las conclusiones generales de la investigación.

4.4.1 Efecto de la luz ultravioleta UV-C, sobre la micobiota que afecta a los granos de maíz (*Zea mays* L.) híbrido San Juan desinfectado y no desinfectado

La luz UV-C es un método eficaz para la reducción de la carga natural de la micobiota presente en granos de maíz desinfectados, especialmente para la especie *F. moniliforme*, aunque también para el género *Penicillium spp.* Sin embargo, no es un método efectivo contra la micobiota endógena de granos de maíz no desinfectados.

El control en la cantidad de granos invadidos con la especie *Fusarium spp.*, en el híbrido San Juan desinfectado y tratados con luz UV-C permite reducir la contaminación superficial de los mismos, pero no eliminarla completamente.

La eficacia de este método de control para reducir la contaminación es limitada y, en ningún caso, se debe sustituir las prácticas higiénicas por la contaminación en la cadena de producción.

4.4.2 Efectos de tratamientos ultravioleta UV-C sobre la microbiota en granos de maíz (*Zea mays* L.) híbridos San Juan y H-159

En el presente trabajo de investigación se encontró que el efecto de radiación ultravioleta UV-C en combinación con hipoclorito de sodio sobre la microbiota presente en los granos de maíz híbridos San Juan y H-159, depende del tiempo de exposición de la radiación UV-C, variedad del grano y el género asociado al grano de maíz que se quiera controlar.

Las variables que tuvieron respuesta estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre tratamientos con respecto al control (grano sin radiación) fueron: PFD, PFT y PTF para el híbrido San Juan y H-159 respectivamente. De la misma forma las variables PFT, PFM y PTF presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) en el híbrido San Juan.

Los tratamientos de radiación UV-C que originaron el menor porcentaje de granos de maíz infectados con el género *Fusarium spp.*, fueron 30 y 10 minutos de exposición a 15 W y 254 nm con una reducción de 52.05 y 42.85 % para los híbridos San Juan y H-159 con respecto al control.

Con respecto al efecto de la radiación UV-C en el control de *Fusarium moniliforme* se encontró que el tiempo de 30 minutos presentó una reducción de 53.74% para el híbrido San Juan, mientras H-159 mostró reducción en la cantidad de grano infectado (61.7%) en 10 minutos.

4.4.3 Tratamiento ultravioleta del grano de maíz híbrido comercial Leopardo sobre el desarrollo de *A.flavus* en maíz inoculado

Con el tratamiento de la luz UV-C no se obtuvo reducción significativa en granos de maíz híbrido comercial Leopardo inoculados con 30,000 esporas/mL de *A. flavus* correspondiente a los 10 minutos de exposición a tratamiento.

La reducción máxima se presentó a los 7.5 minutos de exposición con 120W de potencia.

Entre los tiempos de exposición a la luz UVC estudiados con potencia de 60 W no se presentó ningún efecto significativo entre tratamientos.

4.4.4 Tratamiento ultravioleta UV-C en granos de maíz híbrido comercial Leopardo inoculados con *Fusarium moniliforme* y *Aspergillus flavus*

Mediante los parámetros de radiación empleados se logró reducir la micobiota presente en el grano de maíz inoculado con *F. moniliforme* en 76.62 y 57.14%, y para *A. flavus* 20.33 y 16.6% para dosis de 3,000 y 6,000 conidios/mL, respectivamente. En general, la radiación ultravioleta fue efectiva en la reducción de granos infectado con las especies *F. moniliforme*, *A. niger*, y los géneros *Penicillium spp.*, *Eurotium spp.*, y *Rhizopus spp.*

Es importante señalar que el efecto de la radiación ultravioleta en la inactivación de esporas en el grano, está sujeto a la cantidad de inóculo y además al género que se inocule.

Este hecho debe tenerse en cuenta en el diseño de futuros experimentos cuando se aplique radiación con luz UV-C como tratamiento a los granos de maíz u otro material biológico empleado para elaborar alimentos.

4.5 Conclusión de la investigación de campo

En este trabajo se mostró evidencia que el grano de maíz procedentes de 48 molinos de las 15 colonias de la zona norte de la Delegación Gustavo A. Madero evaluado se encuentra

contaminado en mayor porcentaje por el género *Fusarium spp.*, con mayor predominio en las especies de *F. moniliforme* y *F. graminearum*, potencialmente productoras de micotoxinas.

Que las 12 muestras evaluadas presentaron la presencia de fumonisinas en promedio aproximado de 1,420µg/kg las cuales son potencial tóxico para la salud humana y animal.

4.6 Conclusión general

De acuerdo a los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales con que se desarrolló esta investigación, y siguiendo la metodología sistémica transdisciplinaria, con la cual se dio cumplimiento a los objetivos planteados al inicio de este trabajo de tesis se concluyó:

1. Se realizó el objetivo general “Contribuir a mejorar la calidad sanitaria de granos de maíz (*Zea mays* L.), empleados para la elaboración de tortillas mediante un método sostenible: UV-C” a partir del desarrollo de los objetivos particulares:
2. En el capítulo 1, se dio cumplimiento al **objetivo particular 1**. Definir el marco contextual y fundamentos de la investigación.
3. En el capítulo 2, se realizó el marco metodológico y teórico de la investigación logrando el **objetivo particular 2**.
4. En el capítulo 3, se desarrolló la investigación de campo que permitió analizar la situación actual de la calidad sanitaria del grano de maíz (*Zea mays* L.) de molinos de una zona de la Delegación Gustavo A. Madero de la ciudad de México con esto se da cumplimiento al **objetivo particular 3** (ver apartados 3.1.1.1.2- 3.1.1.1.3).
5. En el capítulo 3, se realizó la caracterización del elemento irradiador con luz ultravioleta UV-C para tratamiento del grano de maíz (*Zea mays* L.) (ver apartado 3.4.4) **alcanzando el objetivo particular 4**.
6. Para dar cumplimiento con el **objetivo particular 5**. Se desarrollaron diferentes actividades experimentales (ver apartado 3.3 Fase III. de Investigación experimental) para investigar el efecto de la luz ultravioleta UV-C sobre la calidad

sanitaria del grano de maíz (*Zea mays* L.).

7. Por último en el capítulo 4. Se logró el **objetivo particular 6**. De investigar los efectos producidos por diferentes niveles de intensidad de luz, tiempo y régimen para modificar la calidad sanitaria del grano de maíz (*Zea mays* L.) producida a través de pruebas de microbiota.

Por lo que se concluyó, que el tratamiento con luz ultravioleta UV-C es un método sostenible viable para mejorar la calidad sanitaria del grano de maíz empleado para elaborar tortilla bajo las características con que se desarrollaron los prototipos en esta investigación. A continuación se presenta la tabla de congruencia donde se valoran los objetivos alcanzados en esta investigación (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Tabla de congruencia - valoración de objetivos alcanzados (Elaboración propia, 2012)

Propuesta de solución a la problemática definida	
<p>Se planteó como propuesta para mejorar la calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) empleado para elaborar tortilla un método sostenible: luz UV-, el cual, de acuerdo a la investigación experimental:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se podría emplear tratamiento ultravioleta para control de micobiota natural. 2. Se demostró que en combinación con hipoclorito de sodio para el control de <i>Fusarium spp</i>, <i>Penicillium spp.</i>, <i>Aspergillus spp.</i>, entre otros géneros que invaden al grano de maíz. 3. Se encontró que está en función de sus parámetros de irradiación y las características de las muestras. 4. Se demostró que el efecto de la radiación ultravioleta aplicada para la reducción de esporas, está sujeto a la cantidad de inóculo y además al género que se inóculo. 	
Objetivo general	
<p>Contribuir a mejorar la calidad sanitaria de granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.), empleados para la elaboración de tortillas mediante un método sostenible: UV-C</p> <p>Se demostró la mejora en la calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.), empleando radiación ultravioleta con características específicas (10 min de exposición, intensidad de 65.2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, distancia no mayor a 5 cm), así como dosis de inóculo de 3,000 y 6,000 conidios/mL.</p>	
<p style="text-align: center;">Objetivo particular 1</p> <p>Definir el marco contextual y fundamentos de la investigación</p> <p>Se definió en el Capítulo 2 empleando la metodología sistémica-transdisciplinaria, que permitió continuar con las características de la investigación transdisciplinaria, para conocer después la problemática que se iba a abordar (personajes involucrados), sin perder de vista el impacto en el mundo real, rescatando al sujeto como parte de la investigación y vinculando a las distintas disciplinas para lograr la unidad del conocimiento y aportar soluciones a los problemas del mundo.</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo particular 2</p> <p>Establecer el marco metodológico y teórico de la investigación</p> <p>En el capítulo 2, se desarrolló la metodología de investigación sistémica transdisciplinaria. Empleando la vinculación de disciplinas como la Física, Biología, y Estadística para abordar los conocimientos que permitieron focalizar la problemática. Además se describieron los tratamientos físicos y químicos que se utilizan en la industria agrícola para tratar la calidad del grano.</p>
<p style="text-align: center;">Objetivo particular 3</p> <p>Analizar la situación actual de la calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) de molinos de una zona de la Delegación Gustavo A. Madero de la ciudad de México</p> <p>Este objetivo se logró dentro de la Fase I de la metodología, se desarrolló la investigación de campo focalizando la problemática particular del mundo real, realizando un análisis situación actual de la calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.), de molinos de una zona de la Delegación Gustavo A. Madero de la ciudad de México.</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo particular 4</p> <p>Caracterizar el elemento irradiador de luz ultravioleta empleado para el tratamiento del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.)</p> <p>Este objetivo se alcanzó dentro de la Fase III de la metodología, se realizó tres prototipos de instrumentación para la radiación probando inicialmente con dos lámparas (15W), después se probó con cuatro lámparas donde los resultados obtenidos aún no manifestaban buena respuesta y finalmente se desarrolló uno con ocho lámparas para mejorar los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.)</p>
<p style="text-align: center;">Objetivo particular 5</p> <p>Investigar el efecto de la luz ultravioleta sobre la calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.)</p> <p>Para dar cumplimiento a este objetivo, se estudian los efectos que tiene la UV, se prueba con diferentes tiempos de exposición y diferentes condiciones de granos, para obtener diferentes parámetros de radiación, es donde se definen diferentes actividades experimentales en el capítulo 3.</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo particular 6</p> <p>Investigar los efectos producidos por diferentes niveles de intensidad de luz, tiempo y régimen para modificar la calidad sanitaria del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) producida a través de pruebas de micobiota</p> <p>En el capítulo 4 se discuten los diferentes resultados obtenidos en el capítulo 3, con los diferentes niveles de radiación que fueron reportados por otras investigaciones científicas.</p>
Hipótesis demostradas	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Las tortillas de maíz (<i>Zea mays</i> L.) de la zona norte de la GAM tendrán buena calidad fitosanitaria. 2. Los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) empleados para elaborar tortilla de una zona de la Delegación Gustavo A. Madero de la Ciudad de México tienen hongos. 3. Los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) seleccionados de la GAM tienen fumonisinas. 4. La radiación ultravioleta UV-C a determinados tiempos y distancias de exposición puede afectar la micobiota asociada a los granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) desinfectados y no desinfectados. 5. La radiación UV-C a 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos de exposición podrán reducir la cantidad de grano de maíz con micobiota natural asociada. 6. Los granos de maíz expuestos a dos potencias de radiación con un arreglo de cuatro y ocho lámparas de UV-C de 15W afectara la presencia de <i>A. flavus</i>. 7. Mediante los parámetros de radiación UV-C de 10 min y 65.2$\mu\text{W}/\text{cm}^2$ de intensidad se logrará afectar la micobiota presente en el grano de maíz inoculado con <i>Fusarium moniliforme</i> y <i>Aspergillus flavus</i>. 	
<p>Características de la Investigación: el proceso de investigación que se empleo fue de campo, documental e experimental, sin olvidar al sujeto investigador en cada una de las etapas bajo la perspectiva sistémica transdisciplinaria.</p>	

4.7. Impactos en la comunidad por la calidad sanitaria de los alimentos

Para evaluar los impactos que puede traer a la comunidad el consumo de alimentos contaminados esta investigación se centra en dos aspectos: enfermedades y digestión.

Tanto en los países desarrollados como en los que se encuentran en vías de desarrollo, las enfermedades causadas por alimentos contaminados son uno de los problemas de salud más importantes (FAO/OMS, 2002). México no es la excepción, en 1999 se reportaron 28,121 casos de enfermedades intestinales, de las que un alto porcentaje fue provocado por el consumo de alimentos contaminados (Sistema único de información para la vigilancia epidemiológica, 2001). En el 2005 en México, de acuerdo a la dirección general de epidemiología de México, las infecciones intestinales ocuparon el segundo lugar dentro de las enfermedades que aquejan a la república.

A pesar de que en México, se ha logrado en el área de salud el descenso de la mortalidad. La expectativa de vida de los mexicanos al nacer en 1999 era 74 años, en parte debido a la disminución de la mortalidad por enfermedades infecciosas intestinales. En 1999, éstas ocuparon el 15° lugar entre las principales causas de mortalidad (FAO/OMS, 2002)

De acuerdo a las estadísticas de enfermedades gastrointestinales agudas reportadas por el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica incluyen algunas de las ETA's en 1990, hubo un total de 6,864.686 casos notificados de enfermedades potenciales causadas por alimentos contaminados; como amebiasis intestinal, absceso hepático amebiano, cólera, fiebre tifoidea, giardiasis, intoxicación alimentaria bacteriana, paratifoidea y otras salmonelosis, teniasis - cisticercosis y shigelosis, infecciones intestinales y las mal definidas y otras infecciones intestinales debido a protozoarios, la brucelosis, y la hepatitis viral.

Así, la inocuidad de los alimentos debe de ser prioritaria; de lo contrario los alimentos pueden llegar a ser una fuente potencial de enfermedades, como es el caso de granos contaminados con aflatoxinas consideradas potencialmente carcinogénicas para los

consumidores. (OMS, 2010) afectando el desempeño de la comunidad y repercutiendo en su vida cotidiana dentro de la organizaciones que pertenecen (FAO/OMS, 2002).

Para lograr el control de calidad sanitaria de los alimentos en México, existen Normas oficiales como NOM-187-SSA1/SCFI-2002 en las que se delimitan las concentraciones máximas permisibles de determinados microorganismos. De este modo se evitara la transmisión de enfermedades transmitidas por el consumo de alimentos posiblemente contaminados, aunados a buenas prácticas higiénicas.

4.8. Recomendaciones para el control sanitario de la industria de la masa y la tortilla

Partiendo de las obligaciones y requisitos que todo expendido de Cereales, leguminosas, sus productos y botanas deben cumplir de acuerdo con la actual norma oficial mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002 y el reglamento de control sanitario de productos y servicios (Diario oficial, 1999) y de los resultados obtenidos en el estudio de campo realizado en esta investigación (Ver inciso 3.1.1) se presenta una lista de recomendaciones del sistema de control sanitario y las características que tienen que cumplir las instalaciones y el equipamiento de los espacios destinados a la elaboración de masa y tortillas de maíz se presenta un esquema de la estructura de la cadena maíz-tortilla para ubicar el foco de incidencia. Con la aspiración de contribuir eficazmente a la mejora de la calidad sanitaria de la industria de la masa y la tortilla. Particularmente en la zona norte de la Delegación Gustavo A. Madero lugar donde se realizó el análisis de situación actual.

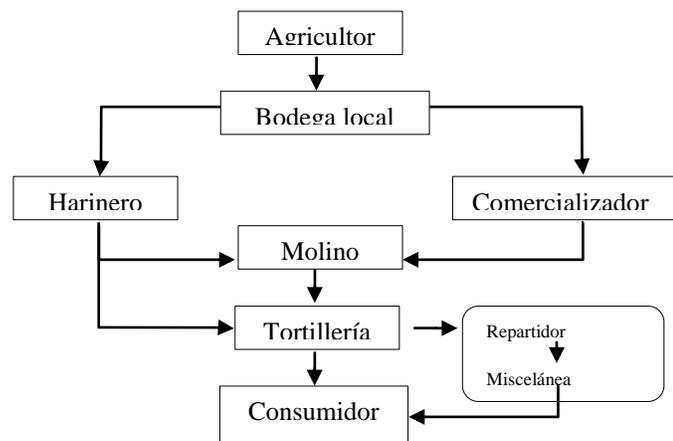


Figura 4.2. Cadena de maíz – tortilla (Tomado y adaptado de la cámara nacional de maíz industrializado, 2012)

4.8.1 De las características y condiciones sanitarias

Bodega local

1. Tener un alto nivel de higiene: limpiar periódicamente los locales que se utilizan para el almacenamiento de los granos.
2. Utilizar locales adecuados de almacenamiento, tales como cuartos refrigerados, almacenes ventilados, etc.
3. Almacenar el producto en forma tal que facilite los muestreos y la rápida aplicación de medidas correctivas, si fuere necesario.
4. Mínimo uso de sustancias químicas, ya que esto afecta el ambiente.
5. Implementar el uso de radiación ultravioleta para controlar posibles microorganismos en los granos. El personal encargado de estas aplicaciones debe estar adiestrado en la materia.

Molino

1. Debe tener la documentación de la procedencia del grano para la prevención y control sanitario.
2. Hacer revisiones periódicas para el control sanitario. Y además tener a la vista su ficha de establecimiento control sanitario.
3. Mantener el grano en buenas condiciones de refrigeración entre 5 y 10°C.
4. No exceder su almacenamiento en más de seis meses en condiciones ambiente.
5. El personal debe cuidar su asepsia al entrar en contacto con el producto.
6. Deben tener áreas específicas de almacenamiento del grano y de su procesamiento.
7. No deben emplearse granos que presente deterioro por plagas o microorganismo.
8. La eliminación parcial del agua durante la cocción sobre la superficie caliente para inhibir el crecimiento microbiano.
9. Realizar control físico-mecánico incluye prácticas de limpieza y ordenamiento del almacén.

Tortillería

1. Debe llevar un registro de las actividades de limpieza y desinfección.
2. Capacitación del personal en el control de higiene y almacenamiento del producto.

3. El personal que labore debe portar ropa limpia y en sus horarios de trabajo utilizar uniforme, mandil y/o bata. Usar cubre bocas en contacto directo con el producto.
4. Toda la masa que se prepare en el día deberá ser procesada y vendida y en caso que de existir sobrantes refrigéralo a temperaturas adecuadas.
5. No deben exceder el tiempo de 15 días de almacenamiento de tortillas sin conservadores. Salvo que tengan las especificaciones requeridas.
6. Adquisición de nuevas tecnologías de producción.
7. Aplicar tratamientos cuando se vacía el grano en el contenedor u otro depósito de almacenamiento.
8. Evitar el contacto directo con dinero o sustancias que puedan llevar algún contaminante al producto. Por eso se recomienda usar guantes o determinar a una persona manipular el dinero.

La gran mayoría de las tortillerías evaluadas en la GAM funcionan con mínima sanidad e inocuidad en la manipulación de la masa y la tortilla (tal como lo evidencian los resultados obtenidos 3.1.1.2.5), además de no impedir la entrada de moscas ni de personal enfermo; las tortillas generalmente se envuelven en papel de estrasa, elaborado con papel y trapos recolectados de la basura, por lo que puede llevar bacterias y otros microorganismos dañinos para el consumidor (Flores *et al.*, 2007).

Consumidor

1. Evitar comprar tortillas que vea de mala apariencia física. Es decir con color rosa, verde oscuro u otro.
2. Al comprar las tortillas no consumirlas después de 15 días así estén en refrigeración.
3. De preferencia tener las tortillas en refrigeración o en lugar libre de humedad.
4. Tener cuidado en la ingesta de tortillas en mal estado, ya que son fuente importante en la calidad nutricional.

4.9 Perspectivas para futuros trabajos de investigación

Del estudio realizado en esta investigación bajo la perspectiva sistémica transdisciplinaria donde se pudo observar las distintas necesidades del mundo real y ver dónde como sujeto

investigador se podía colaborar en interconexión con distintas disciplinas y personajes involucrados, se plantea la oportunidad de continuar con el trabajo transdisciplinario vinculando al sector agrícola, a estudiantes de las áreas como la física, química, matemática, estadística y claro siempre con la visión sistémica para integrar toda esta variedad de conocimientos en pro de ayudar a las comunidades menos favorecidas. Se proponen las siguientes perspectivas para futuras investigaciones:

1. Diseñar prototipos con movimiento es decir, crear una banda transportadora para los granos.
2. Diseñar un software con conexión al prototipo donde se le indique los tiempos de radiación, dosis, distancias y el microorganismo a desinfectar.
3. Determinar el efecto de la radiación ultravioleta sobre las micotoxinas producidas por los hongos encontrados en la investigación. Ya que como menciona la literatura científica son carcinogénicos para la salud humana y animal.
4. Investigar posibles combinaciones de tratamientos físicos que puedan ayudar a combatir la infestación en los granos de maíz para los distintos factores bióticos y abióticos.
5. Probar la aplicación de la UV-C a otros microorganismos, y otros granos.
6. Ampliar rangos e intensidades de radiación para probar sus efectos.
7. Investigar el efecto de la radiación UV-C sobre la pigmentación del hongo.
8. Aplicar la radiación ultravioleta en harinas y tortillas directamente para observar sus efectos.
9. Realizar pruebas de radiación in vitro.
10. Desarrollar un modelo matemático que permita obtener la dosis y tiempo adecuado en la radiación.
11. Realizar la implementación del prototipo en algunos molinos para probar su eficacia en el mundo real.

12. Seguir trabajando en vínculo con las diferentes disciplinas y bajo la perspectiva sistémica transdisciplinaria.

4.10 Aportaciones del trabajo de investigación

Dentro de los conocimientos aportados por la investigación sobre el método sostenible para mejorar la calidad sanitaria del grano de maíz empleado para elaborar tortilla, perspectiva sistémica transdisciplinaria desarrollado a lo largo de este doctorado se contribuyó a entender cómo funciona el tratamiento de radiación con luz ultravioleta UV-C como método sostenible y a tomar parámetros para su mejor utilización en granos de maíz. A continuación se relacionan los trabajos derivados de la investigación de los cual se anexa comprobación (ver Anexo L).

Tabla 4.2. Aportaciones científicas derivadas de la investigación (Elaboración Propia, 2012)

No.	APORTACIÓN CIENTÍFICA	PUBLICACIÓN: CONGRESO O REVISTA	ESTADO DE LA APORTACIÓN
1	Resultados de la primera actividad experimental “Luz UV-C para control de <i>Fusarium spp.</i> engranos de maíz”.	XXXVII Congreso Nacional / XII Internacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología	Participación con poster 4-8 de Julio, 2010 Mérida
2	Evaluación de la actividad fotosintética de plántulas de <i>Zea mays</i> L. provenientes de semillas tratadas con campo electromagnético.	IV Conferencia Internacional de Electromagnetismo Aplicado	Participación 18 Marzo , 2011 Cuba
3	Resultados actividad experimental del mundo real. “Micobiota de granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) Empleados para elaborar tortilla en la delegación Gustavo A. Madero”.	XIII Congreso Internacional y XXXVIII Congreso Nacional de fitopatología	Participación con poster 24-28 de Julio, 2011 Tlaxcala
4	Resultados de la actividad impactos mundo real. “Irradiación ultravioleta en granos de maíz empleados para elaborar tortillas en la GAM”.	Congreso Internacional de Inocuidad Alimentaria	Participación con poster 5-8 de Octubre, 2011 Saltillo, Coahuila
5	Participación en artículo “Laser light on the mycoflora content in maize sedes”.	African Journal of Biotechnology Vol. 10(46), pp. 9280-9288. ISSN 1684-5315	Publicado en Agosto, 2011
6	Resultados de la actividad experimental no. 2 “Control of natural mycobiota in maize grains by ultraviolet (UVC) irradiation”.	Acta Agrophysica vol. 18(2). pp. 375-388. ISSN 1234-4125	Publicado en Enero, 2012
7	Resultados de la fase de impacto (mundo real): Especies de <i>Fusarium</i> en granos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) Recolectados en la zona norte delegación (GAM).	XIV Congreso Internacional y XXXIX Congreso Nacional de Fitopatología.	Participación en poster 22-26 Julio de 2012, Nuevo Vallarta, México.
8	Resultados de la fase experimental: UV-C en granos de maíz (<i>Zea mays</i> l.) inoculados con <i>F. moniliforme</i> y <i>A. flavus</i> .	XIV Congreso Internacional y XXXIX Congreso Nacional de Fitopatología.	Participación en poster 22-26 Julio de 2012, Nuevo Vallarta, México.

*Es un buen libro aquel que se abre con expectación y se
cierra con provecho".*

Bronson Alcott

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- Abbas HK., Williams WP., Windham GL., Pringle HC., Xie W., and Shier WT., (2002).** Journal of Agricultural Food Chemistry. 50: 5246-5254p.
- Abshire R.L. y Dunton H., (1981).** Resistance of selected strains of *Pseudomonas aeruginosa* to low intensity ultraviolet. Applied and environmental microbiology. 41(6):1419-1423 p.
- Ackoff R., (1999).** Rediseñando el futuro, Editorial Limusa, México.
- AESAN (Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición), (2009).** Relativo al empleo de un sistema para la higienización de huevos con cáscara mediante luz UVC. Revista del comité científico no. 9. Número de referencia: AESAN-2009-005.
- AGRIOS H.G., (2002).** Fitopatología. Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores, Segunda edición. México, D.F. 838p
- Allende A., and Artes F., (2003).** UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'lollo rosso' lettuce. Food res. Int. 36:739–746p.
- Allende A., McEvoy J.L., Luo Y., Artes F. and Wang C.Y., (2006).** Effectiveness of two-side UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce. Food Microbiology. 23: 241-249p.
- Almond Board of California., (2007).** Almond action plan pasteurization treatments. Disponible en <http://www.almondboard.com> consultado en febrero 10 de 2011.
- Alvarado J., (2009).** Redacción y preparación del artículo científico. Edición (3). Colegio de Posgraduados: México.
- Anderson J.G., Rowan N.J., Macgregor S.J., Fouracre R.A., Farish O., (2000).** Inactivation of food borne enteropathogenic bacteria and spoilage fungi using pulsed-light. IEEE Transactions on Plasma Science. 28:83–88p.
- Andrade C.M.J., Moreno G.C., Henríquez B.A., Gómez G.Alejandra., Concellón A., (2010).** Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre carambola (averroha carambola l.) Mínimamente procesada almacenada en refrigeración revista iberoamericana de tecnología postcosecha. 11(1):18-27p.
- Aracil J., (1987).** Dinámica de Sistemas, Alianza Universidad, num. 58. Madrid, (3) edición.
- Ariño A., Herrera M., Juan T., Estopañan G., Carramiñana J.J., Rota C., (2009).** Influence of agricultural practices on the contamination of maize by fumonisin mycotoxins. J Food Prot.72:898-902p.
- Artes F., Allende A., (2005).** Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf-life of minimally fresh processed leafy vegetables. Eur. J. Hort. Sci, 70:231-245p.
- Atanda S.A., Pessu P. O., Agoda S., Isong I. U., Adekalu O. A., Echendu M. A., and Falade T. C., (2011).** Fungi and mycotoxins in stored foods. African Journal of Microbiology Research. 5(25), 4373-4382p.
- Bachmann R., (1975).** Sterilization by intense UV radiation. Brown Boveri Rev. 62:206–209p.
- Bacon C., and Nelson P.E., (1994).** Fumonisin production in corn by toxigenic strain of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum*. Journal of Food Protection. 57:514-521p.
- Badillo P.I., (2008).** Tesis de Maestría: La Ciencia de sistemas; componentes de su sistema de conocimientos. México.
- Baka M., Mercier J., Cocuff R., Castaigne F., and Arul J., Hidaka (1999).** Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. Journal of food science. 64:1068–1072p.

- Bandla S., Choudhary R., Watson D., Haddock J., (2012).** UV-C treatment of soymilk in coiled tube UV reactors for inactivation of *Escherichia coli* W 1485 and *Bacillus cereus* endospores. *LWT Food Science and Technology*. 71-76p.
- Barka E. A., Kalantari S., Makhlouf J., and Arul J., (2000).** Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. *J. Agric. Food Chem.* 48: 667-671p.
- Barnett O., Hunter B., (1998).** Illustrated genera of imperfecti fungi. Burgess. Publishing Co. Minneapolis, USA. 218p.
- Bartlett J., (2006).** comp. Familiar Quotations 10th ed, rev. and enl. by Nathan Haskell Dole. Boston: Little, Brown, 1919; Bartleby.com, 2000. Disponible en <http://www.bartleby.com/100/343.html>, consultado el 20 de marzo de 2011.
- Basarab N., (1993).** Una nueva aproximación científica, cultural y espiritual - la transdisciplinarietà. *Passerelles*, No. 7.
- Basarab N., (1998).** (Recibido el 12/IX/00) La Transdisciplinarietà, una Nueva Visión del Mundo. Manifiesto. Centro Internacional para la Investigación Transdisciplinaria (CIRET). Ediciones Du Rocher. Francia. 125p.
- Basarab N., (1998b).** *La transdisciplinarietà*. Du Rocher.
- Basarab N., (2002).** "Manifiesto of Transdisciplinarietà", State University of New York Press, New York, USA, translation from the French by Karen-Claire Voss.
- Basaran P., (2009).** Reduction of *Aspergillus parasiticus* on hazelnut surface by UV-C treatment. *International Journal of Food Science & Technology*, 44:1857–1863p.
- Basra A.S., (1995).** Seed Quality: Basic Mechanisms and agricultural implications. Food Products Press
- Blanco M.J., Lacasaña M., Cavazos R.G., Borja A.V.H., Galavíz H.C., Garduño C.A., (2007).** Methylene tetrahydrofolate reductase gene polymorphisms and the risk of anencephaly in Mexico. *Mol Hum Reprod.* 13:419-424p.
- Begum M., Hocking A.D and Liskelly D., (2009).** Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UVC) irradiation. *International Journal of Food Microbiology.* 129:74-77p.
- Bell A.A., Wheeler M.H., (1986).** Biosynthesis and function of fungal melanin. *Annual Review of Phytopathology.* 24:411–451p.
- Beltrán A., Ramos M., Alvarez, (2010).** Estudio de la vida útil de fresas (*fragaria vesca*) mediante Tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C. Vol. 23(2). *Revista Tecnológica ESPOL – RTE.* 23(2):17-24p.
- Beltran N.R., (2005).** Metodología de la investigación. Universidad Peruana Cayetabno Hereida Facultad de Estomatología. 2-3p.
- Bengt K., (2001).** Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, OIT, Capitulo 49, Radiaciones no ionizantes.
- Bennik M.H.J., Smid E.J., Rombous F.M. and Gorris L.G.M., (1995).** Growth of psychrotrophic foodborne pathogens in a solid surface model system under the influence of carbon dioxide and oxygen. *Food Microbiology.* 12:509-519p.
- Ben-Yehoshua S., Rodov V.J., Kim, J., Carmeli S., (1992).** Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. *J. Agric. Food Chem.* 40:1217-1221p.
- Berger M., Jean-Pierre B., Yvonne C., Charles M., and André R., (1999).** Notices of the AMS.
- Berlijn D., (2007).** Cultivos básicos 3ª ed. México: Trillas: SEP. 15-16p.
- Bernal D., (1992).** El cultivo de maíz en Colombia. *Revista No. 22/23.* Grupo Semillas. Colombia. Colombia y Venezuela en la historia del maíz. *Agricultura Tropical.* 29(2):100-125p.
- Berrang F.L., Ford J.D., Paterson J., (2011).** Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change.* 21:25–33p.
- Bertalanffy L., (1967).** Teoría General de Sistemas, FCE, México.

- Bertalanffy L., (1979).** Perspectivas en la Teoría General de Sistemas, Alianza Universidad, número 203, Madrid.
- Bertalanffy L., (1995).** Teoría General de los Sistemas, Editorial Fondo de Cultura Económica FCE. México. 9-13p.
- Beuchat L.R., Nail B.V., Adler B.B., Clavero M.R., (1998).** Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoe, and lettuce. *J Food Prot.* 61(10):1305-11p.
- Bintsis T., Litopoulou-Tzanetaki E. and Robinson R., (2000).** Microbiology of brines used to mature feta cheese *International Journal of Dairy Technology.* 53: 106-112p.
- Bier J.W., Jackson G.L., Adams R.M., and Rude R.A. Parasitic animals in foods. Chapter 19.** In: *Bacteriological Analytical Manual.* Departamento de Salud Humana y Animal. FDA U.S. Food and Drug Administration; 2009. Disponible en <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/UCM071468> consultado el 22 de Junio de 2012.
- BIREME. (Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS). (2004).** Sao Paulo: BIREME., Disponible en: <http://decs.bvs.br/E/homepagee.htm>, consultado el 12 Mayo 2011.
- Bonet V. L., (2002).** Fotobiología Cutánea: Generalidades. *Revista Peruana de Dermatología Vol.* 12 (2).
- Both C., (1971).** The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey. 237p.
- Box G.E.P., & Jenkins G.M., (1976).** Time series Analysis Forecasting and Control.
- Bragado I. M., (2003).** Física General 17-20. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/9714515/Libro-de-Fisica-Genera>, consultado el 15 mayo de 2011.
- Breton P., (2000).** La utopía de la comunicación: el mito de la aldea global, Buenos Aires, Nueva Visión.
- Brian W., (1993).** Sistemas: conceptos, metodología y aplicaciones. Grupo Noriega Editores. Primera edición. ISBN: 968-18-4528-7.
- Briggs J., y Peat F.D., (1994).** Espejo y Reflejo; Del Caos al Orden. Barcelona, España. Editorial Gedisa.
- Browne C.A.C., (1948).** Recently Acquired Information concerning Fredrick Accum, 1769-1838, Vol. 1: (1-9). Publicado por: University of California Press Disponible en <http://www.jstor.org/stable/27757110>, consultado el 8 de Mayo de 2012.
- Buican D., (1995).** Historia de la Biología, Madrid, Acento Editorial. Campbell, N 2000. *Biology: Concepts and conceptions* 3° ed.
- Cabañes F.J., (2000).** Micotoxinas emergentes introducción. *Rev iberoam micol.* 17:61- 62p.
- Caldewell M.M., (1971).** Solar UV irradiation and the growth and development of higher plants. En: Giese, A.C. (ed), *Photophysiology*, Academic Press, New York. 131-177p.
- Cámara Nacional del Maíz Industrializado., (2007).** Situación cadena maíz tortilla. Disponible en http://www.inforural.com.mx/IMG/pdf/MINSASituacioncadenaMaizTortillaEne2007_1_1.pdf consultado el 5 de Mayo de 2012.
- Cantliffe D.J., Tigchelaar E.C., (1980).** Seed quality: an overview of it's relation ship to horticulturists and physiologists. *Horticulture science.* 15 (6): 764-765p.
- Carrillo L., (2003).** Microbiología Agrícola. Capítulo 7:1-7p.
- Carrizo L.E., Prieto M., Klein J.T., (2004).** Gestión de las Transformaciones Sociales MOST. Documento de debate – no. 70. Transdisciplinariedad y Complejidad en el Análisis Social UNESCO.
- Castaño Z.J. y Zepeda J., (1987).** Microorganismos asociados con granos almacenados de arroz, maíz, frijol, soya y chile, y efectividad del tratamiento químico de la semilla. *CEIBA* 28:59-65p.
- Castillo U.P., Carvajal M., Méndez I., Meza F., Gálvez A., (2008).** Aflatoxinas en tortillas de maíz de la ciudad de México. Congreso de nixtamalización: Del maíz a la tortilla. Mexico.

- Castro R.J., Estrada H.A., Gómez A.C.A., (2008).** Inocuidad de tortillas. Memorias del tercer congreso de Nixtamalización: Del Maíz a la Tortilla. Querétaro, México.
- Castro R.J., and Escartín E.F., (2000).** Survival and growth of *Vibrio cholerae* O1, *Salmonella typhi* and *Escherichia coli* O157:H7 in alfalfa sprouts. *Journal of Food Science*. 65 (1): 162-165p.
- Cervantes G.S.Y., Arámbula V.G., Escalante A.A., Andrio E.E., (2008).** Características del grano y las tortillas producidas a partir de diferentes razas de maíz mexicanas. Congreso Nixtamalización: Del Maíz a la Tortilla. México. Connecticut. 397-444p.
- Chakraborty S., Newton A.C., (2011).** Review: Climate change, plant diseases and food security: an overview. *Plant Pathology*. 60:2-14p.
- Chang C.H., Ossoff S.F., Lobe D.C., Dorfman M.H., Dumais C.M., Qualls R.G. y Johnson J.D., (1985).** UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*. 49: 1361-1365p.
- Checkland P., & Scholes J., (1994).** La metodología de los sistemas suaves en acción, Noriega Editores, México.
- Checkland P., (2000).** Pensamiento de sistemas, practica de sistemas, Limusa, México.
- Chirstensen C., and López C.L., (1962).** Daños que Causan en México los Hongos de Granos Almacenados. Folleto Técnico No. 44. REP-7281. Chong, J Quintanilla (eds). Programa Universitario de Alimentos, UNAM. México, D.F. 81-93p.
- Combs A., Winkler M., y Dalley C., (1994).** The Nostryl Cycle: A study in the methodology of chaos science. En R. Robertson y A. Combs (Eds.). *Chaos theory in Psychology and the life sciences*. 51-60p.
- CE (Comisión Europea) Reglamento No. 1126/2007** de la comisión, de 28 de septiembre de 2007 que modifica el Reglamento (CE) no. 1881&2006 por el que se fija el contenido máximo de determinado contaminantes en los productos alimenticios por lo que se refiere a las toxinas de *Fusarium* en el maíz y los productos de aiz. DOL 255:14-17. Comité científico de la alimentación humana sobre las fumonisinas B1, B2, y B3 (emitido el 4 de abril de 2003). Disponible en http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out73_en.pdf consultado el 22 de Junio de 2012.
- CONFECAMPO (Confederación Empresarial del Campo de Colombia), (2008).** Estudio de Mercado del Maíz en Colombia. Departamento Técnico Confecampo Bogotá D.C.1-23.
- Cornelissen B.J.C., and Melchers L.S., (1993).** Strategies for control of fungal diseases with transgenic plants. *Plant. Physolo*. 101:709-712p.
- Corry J. E., James C.S., James J., and Hinton M., (1995).** *Salmonella*, *Campylobacter* and *Escherichia coli* O157:H7 decontamination techniques for the future. *Intl. J. Food Micro*. 28: 187-196p.
- Costa L., Vicente A.R., Civello P.M., Chaves A.R. y Martínez G.A., (2006).** UV-C treatment delays postharvest senescence in brócoli florets. *Posth. Biol. and Techn*. No. 39:204-210p.
- Coutiño E.B., Vázquez C.G., Torres M.B., Salinas M.Y., (2008).** Grain, tortillas and snacks quality of two corn varieties of the comiteco race (in Spanish). *Revista Fitotecnica Mexicana*. 31:9-14p.
- D'hallewing G., Schirra M., Manueddu M., Piga S., y Ben-Yehoshua S., (1999).** Scoparone and scopoletin accumulation and ultraviolet-C induced resistance to postharvest decay in oranges as influenced by harvest date. *J. Am. Soc. Hort. Sci*. No. 124:702-707p.
- Davenport T., Prusak L., (1998).** Working Knowledge. Boston: Harvard Business School Press.
- Davis N.D., y Diener V.L., (1975).** Mycotoxins. In *Food and beverage mycology*, L. R Beauchat (ed.). Avi, Westport.
- Day R.A., (1983).** How to write and publish a scientific paper. 2nd ed. ISI Press- Philadelphia, PA, USA.

- De Capdeville G., Wilson C.L., Beer S.V., Aist J.R., (2002).** Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested "Red Delicious" apple fruit. *Phytopathology*. 92: 900-908p.
- De La Campa R., Miller J.D., Hendricks K., (2004).** Fumonisin in tortillas produced in small-scale facilities and effect of traditional masa production methods on this mycotoxin. *J Agric Food Chem*.52:4432-4437p.
- De León 1984: The CIMMYT Maize Program., (2004).** Maize Diseases: A guide for field identification. 4th edition. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- De Reu K., Grijspeerdt K., Messens W., Heyndrickx M., Uyttendaele M., Debevere J. and Herman L., (2006).** Eggshell factors influencing eggshell penetration and whole egg contamination by different bacteria, including Salmonella Enteritidis. *Int J Food Microbiol* (in press).
- Del Río García C., Torres S.L., Chen J., Schnaas L., Hernández C., Osorio E., (2009).** Maternal MTHFR 677C>T genotype and dietary intake of folate and vitamin B(12): their impact on child neurodevelopment. *Nutr Neurosci*.12:13-20p.
- Delgado C., (2002).** La filosofía del marxismo ante la revolución del saber contemporáneo. Tesis presentadas a debate en la Cátedra de Complejidad del Instituto d Filosofía de La Habana.
- Delgado C.R., Ruiz M.F.A., (2008).** Ideas físicas en el Medioevo. Disponible en <http://factoriahistorica.wordpress.com/2012/01/15/historia-de-la-fisica/>, consultado el 29 enero 2011.
- Desjardins A.E., Plattner R.D., and Nelson P.E., (1994).** Fumonisin production and other traits of Fusarium moniliforme strains from maize in Northeast Mexico. *Applied and Environmental Microbiology*. 60:1695-1697p.
- Domínguez F.A., (2010).** Tesis de Doctorado: Sistema Fototérmico para la Caracterización de Semillas y Granos de Maíz (*Zea mays* L.).México.
- Dombrink K.M.A., Dvorak T.J., (1999).** Fumonisin content in masa and tortillas from Mexico. *J Agric Food Chem*. 47: 622-627p.
- Douglas C.M., (2005).** Diseño y análisis de experimentos Ed. 2 Limusa Wiley. ISBN: 9681861566, 9789681861568.
- DRAE (Diccionario de la Real Academia Española).** Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Ciencia#Referencias>, consultado el día 10 de marzo del 2011 - 2012.
- Durrell L.D., Shields L.M., (1960).** Fungi isolated in culture from soil of the Nevada test site. *Mycologia* 52:636-641p.
- Dvorackova I., (1990).** Aflatoxins and Human Health. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Eastburn D.M., McElrone A.J., Bilgin D.D., (2011).** Review: Influence of atmospheric and climatic change on plant-pathogen interactions. *Plant Pathology*. 60:54-69p.
- Environmental Protection Agency and Army Corps of Engineers., (1995).** Draft Environmental Impact Statement on the Special Area Management Plan (SAMP) for the Hackensack Meadowlands District, NJ.
- EPA., (1999).** Guidance Manual Alternative Disinfectants and Oxidants. 8-25p.
- Erkan, M., Wang, C.Y., Krizek, D.T., (2001).** UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue, *Environ Exp Bot*. 45(1): 1-9p.
- Espinosa P.N., Garrido R., (2003).** Monitoreo de seis micotoxinas en granos de maíz, trigo, sorgo y cacahuete en Chiapas. X Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Puerto Vallarta, Jalisco, México. pp. 13. estado de Michoacán, México. *Ciencia Nicolaíta*. 40:67-76p.
- Elichiry, N.E., (1986).** El niño y la escuela: reflexiones sobre lo obvio. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión, ISBN 950-602-144-9.

- Fandohan P., Hell K., Marasas W.F.O., Wingfield M.J., (2003).** Infection of maizes by Fusarium species and contamination with Fumonisin in Africa. *African Journal of Biotechnology*. 2: 570-579p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (2002).** Foro mundial FAO/OMS de autoridades de reglamentación sobre inocuidad de los alimentos marrakech, marruecos, 28 – 30 de enero. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/004/y3680s/y3680s00.pdf> consultado el 5 de Mayo de 2012.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (2009).** Conferencia Regional FAO/OMS sobre Inocuidad de los Alimentos para las Américas y el Caribe San José, Costa Rica, 6-9 de diciembre. Disponible en <http://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/010/af178s.pdf> consultado el 5 de Mayo de 2012.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (2011).** Disponible en FAOSTAT (FAO Statistical Databases) Agriculture. Production. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx/>. consultado 10 de Abril 2011.
- Feldman R. S., (1994).** Psicología con aplicaciones en países de habla hispana, Estados de la conciencia. 145-185p.
- Figuroa C. J. de Dios., (2008a).** Maíz y tortilla: Alimento, Cultura y Tradición de México. Tercer Congreso Internacional de Nixtamalización: Del Maíz a la Tortilla. Querétaro, Qro. México del 19 al 22 de octubre.
- Figuroa V., Carrillo O., y Lama J., (2008b).** Proyecto Comunitario Conservación de Alimentos Tomado del Libro “Cómo Alimentarnos Mejor 2. Prevención y manejo dietético de enfermedades”. Editorial. La Habana.
- Figuroa R.G., Guerrero A.B.Z., González C.M.M., Pons H.J.L., (2010).** Caracterización de Especies de Fusarium Asociadas a la Pudrición de Raíz de Maíz en Guanajuato, México Characterization of Fusarium Species Associated with Rotting of Corn Root in Guanajuato, Mexico. *Revista mexicana de fitopatología*. 28(2):124-134p.
- FIS (International Seed Federation), (1999).** Seed treatment is a tool for sustainable agriculture. *Chemin du Reposour 7 CH-12260 NYON / Suiza*. 2-8p.
- Flores V., Ponce L., Ramirez M., (2007).** Situación del maíz y la tortilla. Serie de reportes de investigación. Reporte de investigación número 80. CIESTAAM UACH. 70 p.
- Fonseca J.M., Rushing J.W., (2006).** Effect of ultraviolet-C light on quality of fresh-cut watermelon. *Postharv. Biol. Technol.* 40:256-259p.
- Fontal B., Suárez, T., Reyes M., Bellandi F., Contreras R., Romero I., (2005).** El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones. VII Escuela Venezolana. Para la Enseñanza de la Química. Venezuela.
- Forrester J.W. (1972).** *Industrial Dynamics*. Pegasus Communications. ISBN 1883823366.
- Franz C.M.A.P., Specht I., Cho G.S., Graef V., & Stahl M.R., (2009).** UV-C inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean vortex technology. *Food Control*. 20:1103-1107p.
- Galicia G.C., Vázquez C.G., (2008).** Efecto de fecha de siembra sobre la calidad comercial del grano de maíz y sus tortillas. Tercer congreso de nixtamalización y tortilla. Querétaro-Mexico.
- Gallardo R.E.D., Ibarra M.M., Sanchez M.G., Isabel R., (2006).** Micobiota de Maíz (*Zea mays* L.) Recién cosechado y producción de Fumonisina B1 por cepas de fusarium, verticillioides (Sacc.) Nirenb. *Rev. Mexicana de fitopalogía*. 24(001):27-34p.
- Gálvez R.J.C., y Buitimea C.G.V., (2005).** Uso de la radiación en la conservación de alimentos. *Revista Universidad de Sonora*. México. 29-31p.
- Gaos J., (1996).** Obras completas VIII-Filosofía mexicana de nuestros días en torno a la filosofía mexicana sobre la filosofía y la cultura de México. UNAM, México.

- García A.G., and Martínez F.R., (2010)** *Fusarium species* from corn kernels recently harvested and shelled in the fields in the ciudad Serdán Region, Puebla (spanish). *Review Mexicana de Biodiversidad*. 81: 15- 20p.
- García M.E., (1987)**. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 217p.
- García P.A.L., (2003)**. Bioética y Microbiología. Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Vascular. *Rev Cubana Angiol y Cir Vasc*, 4.
- Gardner D.W.M., and Shama G., (2000)**. Modeling UV induced inactivation of microorganisms on surfaces. *Journal of Food Protection* 63(1): 63–70p.
- Gilchrist S., Fuentes D.G., Martínez-Cano C., (1995)**. CIMMYT Programa de trigo guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada.
- González A.U., (1995)**. El maíz y su conservación México: Trillas ISBN 968-24-4832-8.
- González C., (1999)**. Reseña sobre el libro el maíz en Venezuela. *Boletín informativo de la fundación para la investigación agrícola*. 2. Venezuela.
- González J.E., Ivanovich P.V., (2005)**. La biofísica, ¿ciencia básica o aplicada? *Elementos* (57):47-49p.
- González A.G.A., Wang C Y., Buta G. J., Krizek D.T., (2001)**. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe ‘Tommy Atkins’ mangoes. *Internatl. J. Food Sci. Technol.* 36:767-773p.
- González-Aguilar G.A., Wang C.Y., Buta G.J., (2004)**. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *J. Food Sci. Agric.* 84:415-422p.
- Green C.F., Scarpino P.V., Jensen P., Jensen N.J., Gibbs S.G., (2004)**. Disinfection of selected *Aspergillus* spp. using ultraviolet germicidal irradiation. *Canadian Journal of Microbiology*. 50:221–224p.
- Green Facts**. Disponible en <http://www.greenfacts.org/es/glosario/ghi/hibrido.htm>, consultado el día 10 de Febrero de 2011.
- Grinberg M., (2005)**. Ken Wilber y la psicología integral, 1ª Edición. ISBN: 9788496089211. Madrid.
- Gritz D.C., Lee T.Y. McDonnell P.J., Shih K. Baron N., (1990)**. Ultraviolet radiation for the sterilization of contact lenses. *Contact Lens Association of Ophthalmologists, Inc* 16:294-298p.
- Grupo industrial Maseca, S.A.B. de C.V (2009)**. Reporte anual que se presenta de Acuerdo con las disposiciones de carácter general aplicables a las emisoras de valores y a otros participantes del mercado de valores por el año terminado el 31 de diciembre de 2009. Disponible en http://www.gruma.com/documentos/seccion_4/categoria_525/Reporte%20Anual%202009%20GIMSA%20Final%20%28Con%20Anexos%29.pdf consultado el 20 de Junio de 2011.
- Guerrero B.J.A., and Barbosa C.G.V.J., (2004)**. Review: advantages and limitations of processing foods by UV light. *Food science and technology international*, 10: 137-147p.
- Guerrero B.J., Welti-C.J., and Barbosa C.G. V., (2009)**. Ultraviolet-C light processing of grape, cranberry and grapefruit juices to inactivate *saccharomyces cerevisiae*. *Journal of food process engineering*. 32: 916–932p.
- Guo B.Z., Russin J.S., Cleveland T.E., Brown R.L., and Dammann K.E.,(1996)**. Evidence for cutinase production by *Aspergillus flavus* and its possible role in infection of corn kernels. *Phytopathology*. 86(8): 824-829p.
- Gutiérrez J.B., (2000)**. Ciencia bromatológica. Principios generales de los alimentos. Díaz de Santos. Madrid.
- Hall A., (1962)**. Metodología de la Ingeniería de Sistemas.
- Hammond D., (2003)**. The Science of Synthesis Exploring the Social Implications of General Systems Theory, University Press of Colorado, U.S.A.
- Hampton J. G., (2002)**. What is seed quality? *Seed Science & Technology* . 30:1-10p.

- Hernández A.C., (2009, 2010).** Notas de clases: seminario departamental, tópicos selectos de la ciencia de sistemas y trabajo de tesis. México, D.F.
- Hernández C., (2004).** Tesis Doctorado: Parámetros de irradiación Laser para producir efectos de estimulación en semillas de maíz (*Zea mays* L.). México.
- Hernández D.S., Reyes L.M.A., Garcia G.J., Mayek P.N., and Reyes M.C.A., (2007).** Incidencia de Hongos Potencialmente Toxígenos en Maíz (*Zea mays* L.) Almacenado y Cultivado en el Norte de Tamaulipas, México. *Rev. Mexicana de Fitopatología*, 25:127-133p.
- Hernández F.Y., (2008).** Revaloración del maíz y la tortilla. Estudio del consumo de tortilla y productos a base de maíz en dos áreas contrastantes de México. Congreso de nixtamalización, México.
- Hidaka Y., and Kubota K., (2006).** Study on the sterilization of grain surface using UV radiation—Development and evaluation of UV Irradiation Equipment. *Japan Agricultural Research Quartely*, 40:157-161p.
- Historia de la medicina.** Disponible en <http://www.historiadelamedicina.org/> consultado el 20 de Noviembre de 2011.
- Historia del pensamiento sistémico.** Disponible en <http://www.iasvirtual.net/queessis.htm> ¿Qué es el Pensamiento Sistémico? consultado el 20 de Noviembre de 2011.
- Ianiszewski F.P., (2003).** Taoísmo: su origen, desarrollo y práctica. Disponible en <http://nasdat.com/index.php?topic=3568.0;wap2> , consultado el 10 de Abril de 2011.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), (2002).** IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 82:301-366. some traditional herbalmedicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. IARC, Lyon France.
- Industrias del maíz. Tomas Puebla., (2008).** Puebla. La situación actual de la industria de la masa y la tortilla. Congreso Nixtamalización: Del Maíz a la Tortilla. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Información) Censo de población., (2005).** Disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2005/default.aspx>, consultado el día 10 de Septiembre de 2011.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Información), (2010).** Disponible en <http://www.inegi.gob.mx/inegi/> consultado en Noviembre 15 de 2011.
- INTA (National Institute of Agricultural Technology), (2006).** Corn Grain Quality (spanish). Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/suplementacion/80-grano_maiz.pdf. Consultada el 7 Febrero de 2011.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2007).** Síntesis del Reporte del cambio climático México. Disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf consultado 27 de Noviembre 2010.
- ISTA (International Seed Testing Association), (1993).** International seed health testing. *Seed Science & Technology* 21:33-36p.
- Jackson. E.,(1951).** *Systems Methodology for the Management Sciences* Plenum Press London primera edición.
- Jantsch, E.A., (1972).** La interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación en Léo Apostel et al. Véase Erich Jantsch, a. La interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación.
- Johansen, O., (1999).** *Introducción a la Teoría General de los Sistemas*. Editorial Limusa, México.
- Karu T., (1987).** Photobiological Fundamentals of low – power Laser therapy *IEEE Journal of Quantum Electronics*. QE-23(10):1703-1717p.
- Karu T., (1991).** *Laser applications in medicine and biology* volume 5, edited by Miron L. Wolbarsht, Plenum Press, New York, 1991.
- Ken W., (1985).** *Conciencia sin fronteras*. Editorial Kairós, S.A. 1ª edición.
- Khadre M.A., Yousef A.E., and Kim J.G., (2001).** Microbiological Aspects of Ozone. Applications in Food: A Review. *Journal Of Food Science*. 66(9):1242-1252p.

- Kinay P., Yildiz F., Sen F., Yildiz M., Karacali I., (2005).** Integration of pre-and postharvest treatments to minimized *Penicilium* decay of “Satsuma” mandarins. *Postharv. Biol. Technol.* 37: 31-36p.
- Klein T.J., (2004).** Transdisciplinarietà: Discurso, Integração y Evaluación. Artículo publicado por el Programa Most Organización de las Naciones Unidas para la Educación Ciencia y la Cultura.
- Koutchma T., (2009).** Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess.* 2(2):138-155 p.
- Lacasaña N.M., Galván P.M., Chen J., López C.M., López C.L., (2006).** Methylenetetrahydrofolate reductase 677C>T polymorphism and gastric cancer susceptibility in Mexico. *Eur J Cancer.* 42:528-533p.
- Lagunas S.M.C., Zeng N.X., Essert T.K., Truong T.D. and Piña U.C., (2006).** Review: Radiofrequency power disinfects and disinfests food, soils and wastewater. *California Agriculture.* 60(4): 192-199p.
- Lamkanra O, Kueneman D., Ukuku D., Bett-Garber K.L., (2005).** Effect of processing under ultraviolet light on the shelf life of Fresh-Cut Cantaloupe Melon *Journal of Food Science.* 70:534-539p.
- Lea Berrang F.J.D. Ford J.P., (2011).** Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change* 21:25–33p.
- Leslie F.J., and Summerell B.A., (2006).** The *Fusarium* laboratory manual. Photographs by suzame bullock. Blackwell Publishing ISBN-13: 978-0-8138-1919-8.
- Lilienfeld R., (1984).** Teoría de Sistemas, Editorial Trillas, México.
- Litved H., & Cripps S.J., (1999).** Removal of particle-associated bacteria by prefiltration and ultraviolet irradiation. *Aquaculture Research.* 30(6):445–450p.
- Liu J.S.C., Khan V.A., y Kabwe M., (1991).** The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. *J. Food Qual.* 14:299–305p.
- Liu J.C.S., Khan V.A., Lu, J., Wilson C.L., Adeyeye O., Kabwe M.K., Pusey P.L., Chalutz E., Sultana T., Droby S., (1993).** Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes. *J. Food Protect.* 56:868-872p.
- Lomelí E.A., (1996).** El consumidor ante la controversia sobre la tortilla. In: *La Industria de la Masa y la Tortilla. Desarrollo y tecnología.* Torres, F.; Moreno, E.; Chong, I. y Quintanilla, J. (eds). UNAM. México. 81-96p.
- López M.A., and Palou E., (2005).** Ultraviolet and Food Preservation. En “*Novel Food Processing Technologies*”. Ed. Barbosa-Canovas, G., Tapia, M. y Cano, 405-419p.
- Losana M.J., (1994).** La sanidad en la época del descubrimiento de América. Ediciones Cátedra. Madrid.
- Luhmann N., (1982).** The differentiation of society. Columbia University Press, N. York.
- Lupascu S., (1987).** Le principe d'antagonisme et la logique de l'énergie. 2 ed. París: Le Rocher.
- M. Scott L., (1991).** "the troupe: celebrities as dramatis personae in advertisements", in *Advances in Consumer Research* Volume 18, eds. Rebecca H. Holman and Michael R. Solomon, Provo, UT : Association for Consumer Research. 355-363p.
- Macías, C.J. y Peraza, M.S., (2008).** Enfermedades del maíz en el norte de Sinaloa. *Agronet.* Disponible en www.agronet.com.mx/articles.cgi?Action=Viewhistory&Article=3&Type=A; 31.03-2008.
- Magan N., Medina A., and Aldred D., (2011).** Review: Possible climate-change effects on Mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest. *Plant Pathology.* 60:150-163p.
- Marasas W.F., (2001).** Discovery and occurrence of the fumonisins: a historical perspective. *Environ Health Perspect* 109(2):239-243p.

- Marín S., Sanchis V., Teixido R., Saenz I., Ramon A.J., y Magan N., (1999).** Control of growth and fumonisin B1 production by *Fusarium verticillioides* and *F. proliferatum* isolates in moist maize with propionate preservatives. *Food additives and Contaminants*. 16:555-563p.
- Marks-Tarlow T., (1995).** The fractal geometry of human nature. En R. Robertson y A. Combs (Eds.).
- Marquenie D.C., Michiels W., Geeraerd A.H., Schenk A., Soontjens C., Van Impe J.F., Nikolai B.M., (2002).** Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry y and sweet cherry. *Internatl. J. Food Microbiol.* 73:187-196p.
- Martínez G.C., (2010).** Tesis doctoral: Aproximación por escalamiento dinámico de electroencefalogramas: epilepsia en modelo animal. IPN, México.
- Martínez F.R. y García A.G., (2003).** Inspección de aflatoxinas en maíz cultivado, almacenado y transportado en el estado de Tamaulipas, México, en 1998. *Anales del Instituto de Biología, serie Botánica.* 74:313-321.
- Mazzani O. B., Luzón O., Barrientos V. y Quijada P., (2000).** *Fusarium moniliforme*, fumonisinas y *Aspergillus flavus* en granos de híbridos de maíz en el Estado Guárico, Venezuela *Revista. Facultad de Agronomía.* 17:185- 195p.
- Mendenhall W., Sincich F., (1997).** Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Editorial Prentice Hall, México.
- Méndez G., Solorza F.J., Velázquez M., Gómez M.N., Paredes L.O. and Bello P.L., (2005).** Chemical composition and calorimetric characterization of hybrids and varieties of maize cultivated in México *Agrociencia.* 39(3): 267-274p.
- Mercado, R.E., (2002).** Planeación Estratégica. ESIME, IPN.
- Mercier J., Baka M., Reddy B., Corcuff R., Arul J., (2001).** Shortwave ultraviolet irradiation for control decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:128-133p.
- Metcalf A., and Eddy E., (2003).** *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.* McGraw-Hill, Boston. *Microbiology.* 42:114-148p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2003).** Manejo social del campo 2002-2006. Bogotá, Colombia.
- Mngadi P., Goviden R., and Odhav B., (2008).** Co-occurring mycotoxins in animal feeds, *african journal of biotechnology:* 7(13):2239-2243p.
- Montgomery D., (1991).** Diseño y análisis de experimentos. Grupo editorial Iberoamericana México, D.F.
- Montoya-Estrada C.N., y Castaño-Zapata J., (2009).** Microorganismos asociados con granos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad cargamanto blanco. *Agron.* 17(2): 25-35p.
- Mora M., (1997).** Glosario técnico sobre factores de calidad en granos básicos. Disponible en http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/INPHO/VLIBRARY/NEW_FAO/X5404S/ES/X5404S00.HTM#CONTENTS, consultado el día 10 de marzo 2011.
- Moreno M.E., (1998).** Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Programa de alimentos de la Universidad UNAM, México. 109p.
- Moreno M.E., (1996).** Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. Tercera Edición: México.
- Moreno M.E., Vázquez B.M., (2000).** Use of propionic acid salts to inhibit aflatoxin production in stored grains of maize. *Agrociencia,* 34, 004. Texcoco, México. 477-484p.
- Moreno D.Ó., (2004).** Origen clásico y estudio espectral del caos cuántico (con una introducción al caos cuántico relativista). 1-64p.
- Morgan R., (1989).** UV 'green' light disinfection. *Dairy Industry. Intl.* 54 (11): 33- 35p.
- Morín E., (1984).** Ciencia con conciencia. Barcelona: Anthropos.
- Morín E., (1990).** Introducción al pensamiento complejo. Ed. Gedisa, Barcelona.

- Morín E., (1997).** Introducción al pensamiento complejo. Editorial Gedisa: España. ISBN: 978-84-7762-765-4. Valladolid.
- Morín E., (1999).** L'intelligence de la complexité. París: L'Harmattan.
- Morris M.L., y López P.M.A., (2000).** Impactos del mejoramiento del maíz en América Latina 1996-1997. México D.F. CIMMYT 44p.
- Mpoloka S.W., (2008)** Review: Effects of prolonged UV-B exposure in plants. African Journal of Biotechnology Vol. 7 (25):4874-4883p.
- Munkvold G.P., (2003).** Cultural and genetic approaches to managing micotoxins in maize. Annual Review of Phytopathology Vol. 41:99-116p.
- Murata H., Mitsumatsu M., Shimada N., (2008).** Reduction of feed-contaminating mycotoxins by ultraviolet irradiation: an in vitro study. Food Additives & Contaminants: Part A 25(9): 123-131p.
- Mutchinick O.M., López M.A., Luna L., Waxman J., Babinsky V.E., (1999).** High prevalence of the thermolabile methylenetetrahydrofolate reductase variant in Mexico: a country with a very high prevalence of neural tube defects. Mol Genet Metab. 68:461-467p.
- Najmanovich D., (2002).** "La complejidad: De los paradigmas a las figuras del pensar" Ponencia presentada al Seminario Internacional Complejidad, La Habana.
- Neergaard P., (1977)** Seed Pathology, Vol. I and II. John Wiley & Sons, New York.
- Neethirajan S., Karunakaran C., Jayas, D., and White N., (2007).** Detection Techniques for Stored – Product Insects in Grain, Food Control. 18(2):157-162p.
- Nelson P.E.T., Toussoun A., and Maracas W.F.O., (1983).** Fusarium species: An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park. 128-142p.
- Nilrattanakhun W., (2003).** Control of Aflatoxin Contamination of Corn. Food and Fertilizer Technology Center (FFTC). Practical Technology. Postharvest. Disponible en <http://www.agnet.org/library/pt/2003012>, consultado en Febrero 7 de 2011.
- Nieto-Cataveo L.M., (1999).** Agronomía y medio ambiente. ¿un siglo de revoluciones?. En: Revista Universitarios, Vol. VII, No. 5, Ed. Universitaria Potosina, México. 1-19p.
- NOM-187-SSA1/SCFI-2002.** Productos y servicios. Masa, tortilla, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D. F.
- Norred W.P. and Vos, K.A., (1994).** Toxicity and role of fumonisinas in animal diseases and human esophageal cancer. Journal of Food Protection 57:522-527p.
- O'Connor J., Mcdermott I., (1998).** Introducción al pensamiento sistémico. Barcelona, URANO.
- Oerke E.C., (2005).** Centenary Review Crop losses to pests. J. Agri. Sci., 143:1-13p.
- Olakojo S.A. and Akinlosotu T.A., (2004).** Comparative Study of Storage Methods of Maize Grains in South Western Nigeria, African Journal of Biotechnology. 3(7): 362-360p.
- Ominiski K.H., Marquardt R.R., Sinha R.N., and Abramson D., (1994).** Ecological Aspects of Grown and Mycotoxin Production by storage fungi. In: Mycotoxins in Grains: Compounds other than Aflatoxin, eds. J.D. Miller and H.L. Trentholm. 287-312p. Eagen Press Publ., St. Paul. MN.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2003).** Índice UV solar mundial: guía práctica. ISBN 92 4 359007 3.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2010).** Reporte de enfermedades en el mundo. Disponible <http://www.who.int/countries/mex/en/> consultado el 18 de Mayo 2011.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2010).** *Cáncer*. Nota descriptiva N°297, disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/index.html>. Consultado el 14 de julio de 2012.

- ONU (Organización de las Naciones Unidas). Disponible en <http://www.un.org/es/development/progareas/statistics.shtml> consultado el 17 de marzo de 2012.
- Oteiza J., Giannuzzi L., & Zaritzky N., (2009). Ultraviolet treatment of orange juice to inactivate *E. coli* O157:H7 as affected by native microflora. *Food and Bioprocess Technology*, Volume 3, Number 4 :603-614p.
- Padrón C.E., (1996). Diseño de experimentos con aplicación a la agricultura y la ganadería. México Trillas: UAAN, ISBN 968-24-5194-9.
- Palou E. y López-Malo A., (2004). Luz ultravioleta y preservación d alimentos, Inéditos. Universidad de las Américas-Puebla.
- Parisier E. and Brown N., (1975). *Food Science in Developing Countries*. Science 188:589-93.
- Parrish A.J., and Thomas F.D., (1984). Laser Photomedicine. *IEEE Journal of Quantum Electronics*. QE-20, No. 2:1386-1396.
- Peraica M., Domijan A.M., (2001). Contamination of food with mycotoxins and human health.
- Peraica M., Dubravka F., Domijan M.A., Ivić D., and Cvjetkov B., (2010). Review: Ochratoxin A Contamination of Food from Croatia. *Toxins* 2:2098-2105. ISSN 2072-6651.
- Peñuela V.A., (2005). La transdisciplinariedad. Más allá de los conceptos, la dialéctica. *Andamios. Revista de Investigación Social*. 2:43-78. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2012602> consultado: 15 de julio de 2012.
- Philip H. E., (2002). A history of ultraviolet photobiology for humans, animals and microorganisms. *Photochem. Photobiol*. Vol. 76:561-579p.
- Piaget J., (1975). "La epistemología de las relaciones interdisciplinarias", en *Interdisciplinariedad*, de Apóstel, L. y otros, Biblioteca de la Educación Superior, ANUIES, México, El estructuralismo, Ed. Proteo, Buenos Aires, 1971.39. Almond board of california., 2007: almond action plan pasteurization treatments. Disponible en <http://www.almondboard.com>, consultado el 10 de febrero de 2011.
- Piga A., D'Hallewin G., D'Aquino S., Aggabio M., (1997). Influence of film wrapping and UV irradiation on cactus pear quality after storage. *Packaging Technol. Sci*. 10:59-68p.
- Pingali P.L. and Pandey S., (2001). World maize needs meeting: Technological opportunities and priorities for the public sector. In: Pingali, P.L. (ed.). *CIMMYT 1999-2000*.
- Placinta C.M., D'mello J.P.F., and Macdonald A.M.C., (1999). Review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with fusarium mycotoxins *animal feed science and technology*. 78(1): 21-37p.
- Portero, F; **Radiación ultravioleta**. Cátedra de dermatología de la escuela de medicina —Luis Razetti. Universidad central de Venezuela. Caracas. *Journal of Food Engineering*. 85:561–568p.
- Powers C. H., (1984), Luhmann, N. The differentiation of society. Columbia University Press, N. York. *Journal of the History of the Behavioral Sciences*. 20(3): 244–245p.
- Quade E.S., and Boucher W.I., (1968). *Systems Analysis and Policy Planning: Applications in Defense*, New York: American Elsevier.
- Quintin O. J., (1999). "Dietética: Bromatología de los Alimentos Industrializados" Edit. Fco. Méndez Cervantes. México.
- Ramírez M., M.; Zurbia F.R.R., y Díaz A.L., (1993). Ecología del almacenamiento y el combate de insectos: Control físico y biológico en insectos de granos y semillas almacenados. In: *Insectos de granos almacenados: biología, daños, detección y combate*. INIFAP–CIRCE–CEBAJ. p. 110–146 (Libro Técnico Núm. 1).
- Rangel M.E., Muñoz O.A., Vázquez-Carrillo G., Cuevas-Sánchez J., Merino-Castillo J., Miranda-Colín S., (2004). Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia* 38:53-61p.

- Reeve H.K. and Sherman P.W., (1993).** Adaptation and the goals of evolutionary research. Quarterly Review of Biology 68: 1-32. (Excerpted in: Evolution: An Oxford Reader, pp. 120-121. Mark Ridley, Ed., Oxford University Press, 1997).
- Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios., (1999).** Secretaria de salud. Segunda sección lunes 9 de agosto de 1999 diario oficial.
- Reglamento de la Comisión Europea (ce) no (856/2005).** De la comisión de 6 de junio de 2005 por el que se modifica el reglamento (ce) no 466/2001 en lo que se refiere a las toxinas de *Fusarium*. Disponible en el diario oficial de la unión europea.
- Retes M.R. F., (2010).** Tesis de doctorado: Demanda de tortilla de maíz en México, 1996-2008. Colegio de Posgraduados. 31p.
- Rhodes P.H., (1985).** *An Outline History of Medicine*. Butterworth and C° Ltd. Londres.
- Rivera D.M., Gardea B.A.A., Martínez T.M.A., Domínguez R.M., y González A.G.G., (2007).** Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. Rev. Fit., A.C. 4:361-372p.
- Robinson F.V.A., García A.L., y González H.L.J., (2005).** Niveles de micotoxinas en maíz disponible en el estado de Michoacan , México. Ciencia nicolaita. 40:66-67p.
- Rodov V.S., Ben-Yehoshua J., Kim, J., Shapiro B., y Itta., (1992).** Ultraviolet illumination induces scoporone production in kumquat and orange fruit and improves decay resistance. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:788-792p.
- Rodríguez P.C.L., Pérez R.M.C., Hernández A.C., Domínguez P.F.A., Martínez M. E, Cruz O.A., López, B.J.L., (2011).** Control of natural mycobiota in maize grains by irradiation ultraviolet (UVC). Acta Agrophysica. 18(2):375-389p.
- Rodríguez R.M, Bermúdez S.R., (2000).** Psicología del pensamiento científico. La Habana: Pueblo y Educación.
- Rodríguez-Del Bosque L.A., (1996).** Impact of agronomic factors on aflatoxin contamination in preharvest field corn in northeastern Mexico. Plant Disease. 80:988-993p.
- Rojas F., (2001).** Enfoques sobre el aprendizaje humano pág. 1. Disponible en <http://repositorio.oui-iohe.org:8080/dspace/bitstream/123456789/1459/1/ENFOQUES%20SOBRE%20EL%20APRENDIZAJE.pdf> , consultado el 25 de junio de 2010.
- Rooney L. W., Suhendro E. L., (1999).** Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortillas and snacks. Cereal Foods World. 44: 466-470p.
- Rosiles M.R., Bautista J., Fuentes V.O. and Ross F., (1998).** An Outbreak of Equine Leukoencephalomalacia at Oaxaca, Mexico, Associated with Fumonisin B1. Journal of Veterinary Medicine Series A. 45: 299–302p.
- Rosnay J. de., (1975).** El Macroscopio, Editorial AC, Madrid (Traducción de F. Sáez Vacas).
- Ruiz L.G.A., Qüesta A.G., Rodríguez S. del C., (2010).** Efecto de luz UV-C sobre las propiedades antioxidantes y calidad sensorial de repollo mínimamente procesado. Revista iberoamericana de tecnología postcosecha. 11(1):101-108p.
- Rutala W.A., Stiegel M.M., Sarubbi F.A., Weber D.J., (1997).** Susceptibility of antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant hospital bacteria to disinfectants. Infection control and hospital epidemiology : the official journal of the Society of Hospital Epidemiologists of America.18(6):417-21p.
- Sabino C., (1992).** El proceso de investigación. Ed. Panamericana, Bogotá, y Ed. Lumen, Buenos Aires.
- Sametband M.J., (1994).** Entre el Orden y el Caos: La Complejidad. Argentina. Fondo de la Cultura Económica.

- Sampson R.A., Hoekstra E.S., Frisvad J.C., and Filtenborg O., (2002).** Introduction to food-and airborne fungi. 6th edition. Institute of the Royal Netherlands. Wageningen, The Netherlands. 389p.
- Sanz P.B., (1988).** El ayer, hoy y mañana de la Bromatología. Discurso de ingreso en la Real Academia de Farmacia. Madrid.
- Sanz P.B., (2009).** Doctrina la bromatología en el tiempo y en la obra de sevet. anal. real acad. nac. farm. 68(39):1-36p.
- SAS., (1998).** Statistical Analysis System for Windows. Release 8.01. SAS Institute Inc., Cary, N. C. USA.
- SAS., (2002).** Statistical Analysis System for Windows. Version 9.0. SAS Institute Inc., Cary, N. C. USA
- Sastry S., Datta A., and Worobo R., (2000).** Ultraviolet Light. JFS-Supplement, p. 90.
- Sauer D.B., and Burroughs R., (1986).** Disinfection of seed surfaces with sodium hypochlorite. Phytopathology. 76: 745-749p.
- Scott M.M., (1991).** Naturalistic research: Applications for research an professional practice with college students, en: Journal of college student development. 32: 416-423p.
- Shama G., (1999).** Ultraviolet light. Citado en R.K. Robinson, C. Batty P. Patel (eds), Encycolopedia of Food Microbiology. 3:2208-2214p. London: Academic Press. Citado en: Guerrero-Beltran, J,A, y Barbosa.Cánovas, G. 2007. Advantages and limitations on processing foods by UV light. Inéditos. Washington State University.
- Shama G.P.A., (2005).** UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. Trends Food Sci. Technol. 16:128-136p.
- Sharma R.R., Demirci A., (2003).** Inactivation of *E. coli* O157:H7 on alfalfa seeds with pulsed ultraviolet light and response surface modeling. J. Food Science. 68:1448-1453p.
- Shelby, R.A., White, D.G., Bauske, E.M., (1994).** Differential fumonisin production in maize hybrids. Plant Dis. 78:582-584p.
- Shephard G.S, Thiel P.G, Stockenstrom S., Sydenham E.W., (1996).** Worldwide survey of fumonisin contamination of corn and corn-based products. J. AOAC Int.79:671-687p.
- Sherman N., Cappuccino J. G., (1998).** Microbiology: a laboratory manual 5th edition Rev Peru med exp salud publica: 19(4).
- SIAP (Agrifood and Fishery Information Service), SAGARPA. (2010b).** Disponible en http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350 consultado 27 Noviembre 2010.
- SIAP (Agrifood and Fishery Information Service), SAGARPA., (2010a).** Disponible en http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/Comercio Exterior/BalanzaDisponibilidad/Anual/2010/maigrf10.pdf consultado 27 Noviembre 2010.
- SIAP (Agrifood and Fishery Information Service), SAGARPA, (2011).** Disponible en http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350 consultado 27 Enero 2011.
- Silva R.M., Castro S.W, Oblitas C.J., (2010).** Influencia de la turbidez en el efecto antimicrobiano de la luz ultravioleta y de los pulsos luminosos de luz blanca en néctar de naranja (citrus sinensis). Scientia Agropecuaria 1:139 – 145p.
- Singer P., 1993.** Compendio de Ética (A companion to Ethics) Alianza diccionarios.
- Sizer C.E. and Balasubramaniam V.M., (1999).** New intervention processes for minimally processed juices. Food Technology 53(10): 64–67p.
- SMF (Sociedad Mexicana de Fitopatología),, (2011).** Disponible en <http://sociedadmexicanadefitopatologia.org/fitopatologia.php> consultado el 15 de Mayo 2011.
- Soliman K.M., and Badeaa R.I., (2002).** Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. Food and chemical toxicology 40:1669-1675p.

- Stack M.E., (1998).** Analysis of fumonisin B1 and its hydrolysis product in tortillas. J AOAC International. 81: 737-740p.
- Stafford B., (2002).** "What is cybernetics?", Kybernetes, Vol. 31(2): 209 – 219p.
- Stevens C., Khan V.A., Lu J.Y., Wilson C.L., Pusey P.L., Igwegbe E.C.K., Kabwe K., Mafolo Y., Liu J., Chalutz E., Droby S., (1997).** Integration of ultraviolet (uv-c) light with yeast treatment for control of post harvest storage rots of fruits and vegetables. Biological control. 10: 98–103p.
- Stevens C.V., Khan A., Lu J.Y., Wilson C.L, Pusey P.L., Kabwe M.K., (1998).** The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. Crop Protect. 17:75-84p.
- Sutton J. C., Yu H., Grodzinski B., & Johnstone M., (2000).** Relationships of ultraviolet irradiation dose of inactivation of pathogeno propagules in water and hydroponic nutrient solutions. Canadian Journal of plant Pathology. 22(3):300-309p.
- Tamariz C., (2007).** La inter y transdisciplinarietà como tendencias integradas en el conocimiento. Visión Docente. 32:2p.
- Tamayo y Tamayo M., (2004).** Diccionario de la investigación científica, 2ª ed., Limusa, México. 172 p. ISBN 978-968-18-6510-8. Technology. 2:138–155p.
- Touson T.A., and Nelson P.E., (1976).** Pictorial guide to the identification of *Fusarium* species according to the taxonomic system of synder and Hansen. The Pennsylvania State University Press. University Park, Pennsylvania, USA. 43p.
- Tran T.T., and Farid M., (2004).** Ultraviolet treatment of orange juices. Innovative Food Science & Emerging Technologies. Vol. 5: 495-502p.
- Trigos Angel, Ramirez Karina, Salinas Alejandro., (2008).** Presencia de hongos fitopatogenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. Nota corta. Revista mexicana de micología 28: 125-128p.
- Trinchet V.C., Trinchet S.R., (2007).** Algunas consideraciones sobre las particularidades de la investigación científica en medicina. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol15_05_07/aci13507.htm, consultado 24 de mayo de 2011.
- Ulloa M., y Hanlin R., (2006).** Nuevo diccionario ilustrado de micología. APS, USA. 672p.
- Ulloa Ricardo., (2000).** El Proyecto Cerebro Colectivo y Pensamiento Sistémico; Instituto Andino de Sistemas – IAS Lima - Perú (Documento en línea). Disponible: <http://www.iasvirtual.net/cereco.htm> consultado el 25 de Febrero 2010.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura., (2004).** Programa MOST. Disponible en <http://www.unesco.org/most> consultado el día 14 de Marzo de 2012.
- Unluturk S., Atilgan M., Baysaland A. H., & Tari C., (2008).** Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). Journal of Food Engineering. 85:561-568p.
- Urcia F.A., Guevara M.R., (2002).** Eficacia de medios de cultivo con infusiones de variedades de papa en la identificación del trichophyton rubrum .Rev Peru med exp salud pública. 19 (4).
- FDA/CFSAN., (2001).** Guidance for Industry: Fumonisin levels in human foods and animal feeds; Final Guidance. Disponible en <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocument> consultado 28 de Mayo de 2012.
- Valero A., Begum M., Leong S., Hocking A.D., Ramos A.J., Sanchis V., Marin S., (2007).** Fungi isolated from grapes and raisins as affected by germicidal UVC light. Letters in Applied Microbiology. 45:238–243p.
- Van Gigch, J.P., (2000).** Teoría general de sistemas. 3ra edición en español. Trillas.
- Vasey E.D., (1992).** An ecological history of agriculture. Iowa State: University Press, 22p.
- Vasilevski G., (2003).** Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian j. Plant physiol. Special issue: 179- 186p.

- Vicente A., Pineda C., Lemoine L., Civello P., Martínez G., Chaves A., (2005).** UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biol. Technol.* No. 35: 69-79p.
- Vollmer G., Josst G., Schenker D., Sturm W., Vreden N., (1999).** *Elementos de Bromatología descriptiva.* Acribia. Zaragoza.
- Wagacha J.M., and Muthomi J.W., (2008).** Mycotoxin problem in africa: current status, implications to food safety and health and possible management strategies, *international journal of food microbiology.* 124(1): 1-12p.
- Webster F., (2006).** “The information society revisited”, en Lievrouw, L. y Livingstone, S. (eds.), *The Handbook of New Media: Social Shaping and Social Consequences of ICTs,* Londres, Sage. 443-457p.
- Wehr T.A., Rosenthal N.E., (1989).** Seasonality and affective illness. *Am J Psychiatry.* 146(7):829–839p.
- Wong E., Linton R.H., and Gerrard D.E., (1998).** Reduction of *Escherichia coli* and *Salmonella* senftenberg on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. *Food Micro.* 15: 415-423p.
- Yaun B R, S S Sumner, J D Eifert, J E Marcy., (2004).** Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *Internatl. J. Food Microbiol.* 90:1-8p.
- Zepeda B. R., Carballo C. A., Alcántar G. G., Hernández L. A., Hernández G.A., (2002).** Effect of foliar fertilization on yield and seed quality of corn single crosses. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25 (4): 419-426p.
- Zepeda-Bautista R., Carballo-Carballo A., Muñoz-Orozco A., Mejía-Contreras J., Figueroa-Sandoval B., González-Cossio F., Hernández-Aguilar C., (2009).** Proteína, triptófano y componentes estructurales del grano en híbridos de maíz (*Zea mays* L.) producidos bajo fertirrigación. *Agrociencia.* 43: 143-152p.

La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica.

(Aristóteles)

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO A. MANUAL DE PROTOTIPO IRRADIADOR UV-C

En este anexo, se presenta una breve descripción del prototipo radiador empleado en la investigación, tomando en cuenta sus instrucciones de seguridad, armado y aplicación.

Instrucciones de Seguridad

1. No utilizar el prototipo sin recubrimiento.
2. Mantener niños y mascotas alejados del prototipo.
3. Utilizar siempre lentes especiales con protección de filtro UV y guantes.
4. Usar bata especial de laboratorio al momento de iniciar la irradiación.
5. No tomar inmediatamente el tubo de cuarzo al terminar la irradiación dejar unos minutos a que se enfríe.
6. Eliminar cualquier impureza, basura o líquido que se halle dentro del tubo de cuarzo o el prototipo.
7. Reducir los riesgos de quemaduras en la piel, o lecciones en los ojos siguiendo las medidas de seguridad e higiene expuestas en este manual.
8. No usar el prototipo por tiempos prolongados, esto hace bajar la calidad de la desinfección.
9. Desconecte siempre el cable de la alimentación eléctrica antes de limpiar, realizar un mantenimiento o inspeccionar el interior del prototipo.
10. Para evitar una lesión debido a la alta intensidad de luz ubicado dentro del prototipo, siempre desconecte la alimentación eléctrica antes de quitar los espejos de encima.
11. Mantenga cerrado el prototipo y no quite la tela que lo recubre mientras el prototipo esté en operación.
12. Enchufe el cable de la alimentación eléctrica en un tomacorriente correctamente conectado a tierra y protegido del clima.
13. No permita que se sumerja en agua el prototipo, las lámparas y los cables de alimentación eléctrica o el enchufe.
14. No use el prototipo si alguna lámpara está suelta, quebrado, o si el cable de alimentación eléctrica o el enchufe están dañados.
15. Asegúrese de que los cables de alimentación eléctrica estén cuidadosamente colocados para evitar cualquier peligro de tropiezo.
16. Asegúrese que el prototipo esté correctamente instalada de acuerdo a las indicaciones de este manual del usuario.
17. Lea y siga las instrucciones de este manual del usuario cuidadosamente antes de usar el prototipo.

Instrucciones de armado inicial y funcionamiento

Antes de intentar utilizar su prototipo, siga estas instrucciones:

1. Quite el paño protector del prototipo.
2. Asegúrese de que este puesto en una superficie plana y las bases estén fijas.
3. Levante la parte superior de los espejos.
4. Coloque la cubierta superior de espejos sobre un lugar plano y libre de cualquier peligro e impurezas.

5. Extraiga el tubo de cuarzo del prototipo.
6. Coloque el tubo de cuarzo en una base plana y libre de impurezas.
7. Asegúrese de que las bases que soportan el tubo de cuarzo estén en su lugar.
8. Coloque la muestra de forma cuidadosa dentro del tubo de cuarzo.
9. Una vez colocados la muestra dentro del tubo de cuarzo vuelva a colocar el tubo en su base, asegurando que queden fijas y no haya movimientos.
10. Tape el prototipo con la parte superior de los espejos.
11. Cubra con el paño protector el prototipo.
12. Su prototipo tiene dos switch de encendidos ubicados en la parte frontal, por si desea utilizar solo dos lámparas de UVC (parte superior), o si prefiere utilizar las cuatro lámparas a la hora de irradiar (parte inferior).
13. Enchufe el temporizador y programe el tiempo de irradiación. Deberá aparecer un display en el temporizador. Si esto no sucediera, vea funcionamiento del temporizador programable. Seleccione “ON” en el temporizador para funcionamiento continuo o “AUTO” para programar los tiempos de funcionamiento.
14. Oprima el switch de su elección. En caso de que no encendieran verifique la programación del switch.
15. Mantenga una distancia apropiada cuando el prototipo esté funcionando.

Para el desarrollo de este prototipo se utilizaron los siguientes componentes (Figura A.1): (8) Lámparas TUV15W G15T8 GERMICIDA PHILIPS, se utilizan como germicidas. Funcionan a una presión de mercurio relativamente baja y operan a 60°C. Casi la totalidad de la radiación es de 254 nm, (8) Canaletas de aluminio de 15 W T8 de 130V LUMI, que servirán de soporte a las lámparas de UVC, (2) INTERLOCK UIVERSAL DE 2MTS C/CABLE CAL1, (2) SWITCH BALANCIN 1P-1T MINIATURA NEGRO 4, CAJON DE ESPEJOS (Octágono), usado como recubrimiento de las lámparas. Para evitar que la radiación emitida por las lámparas salga y de esta misma manera lograr una mayor concentración de la energía emitida.

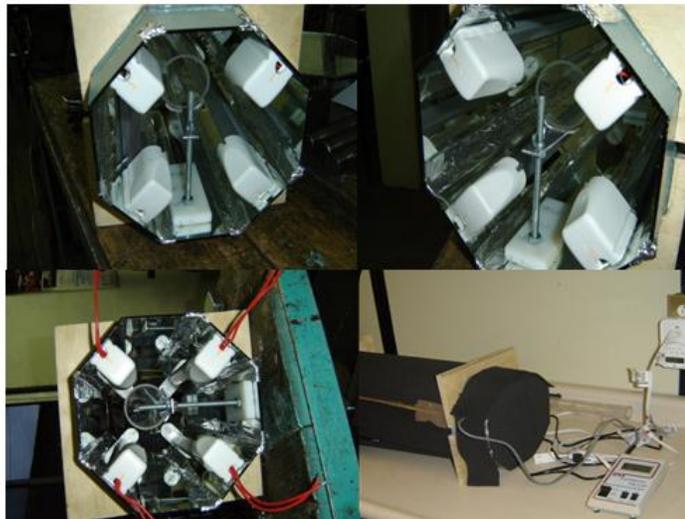


Figura A.1 Proceso de armado del prototipo (Elaboración propia, 2011)

Técnica de Aplicación

1. En primer lugar, hay que familiarizarse con el aparato de UV y conocer bien su funcionamiento. La suciedad de lámparas y reflectores produce alteraciones de la calidad de emisión, por lo que éstos deben mantenerse limpios. Antes del tratamiento, debe comprobarse el correcto funcionamiento del equipo.
2. Deben protegerse los ojos de las personas, tanto de la radiación directa como de la radiación dispersa; para ello pueden utilizarse gasas empapadas en agua o protectores especialmente diseñados.
3. Los dispositivos para medir el tiempo deben ser exactos y apropiados. Para ello se utilizó un timer.
4. Debe medirse la distancia a la piel del grano de maíz nunca estimarla aproximadamente.

ANEXO B

ANEXO B. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS GRANOS HÍBRIDOS DE MAÍZ UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

Tabla B.1. Caracterización física del grano de maíz San Juan (Elaboración propia, 2012)

Fecha	Maíz	Longitud cm	Diametro cm	Granos x Hileras	Granos x Maíz	Granos Podridos	Granos Dife.	Peso Mazorc a gr	Peso Grano gr	Peso G. Podrido gr	Peso G. bueno gr	Peso Olole gr	% G. Podrido	Dimensiones(cm)			
16-nov-09	1	18.7	5.5	16	28.8	460.8	30	0	250	200	7	193	50	3.5	L	E	A
17-nov-09	2	14.5	4.9	16	29.4	470.4	7	0	150	126	0.78	125.22	25	0.619048	0.96	0.7	0.8
17-nov-09	3	22.4	5.7	18	34.2	615.6	16	0	475	325	13.05	311.95	100	4.015385	1.34	0.46	0.93
17-nov-09	4	16.5	4.58	14	30.2	422.8	40	0	225	175	8.95	166.05	25	5.114286	1.3	0.49	0.91
17-nov-09	5	15.5	5	16	31.2	499.2	30	0	200	175	7.26	167.74	25	4.148571	1.26	0.5	0.7
17-nov-09	6	18.7	4.9	16	29.8	476.8	2	0	275	225	0.7	224.3	50	0.311111	1.26	0.6	0.83
17-nov-09	7	14.8	4.7	14	14.4	201.6	8	0	150	100	2.41	97.59	50	2.41	1.32	0.55	0.9
17-nov-09	8	17	5.1	14	34	476	18	0	275	225	0.89	224.11	50	0.395556	1.23	0.55	0.8
17-nov-09	9	16.6	4.3	14	30.6	428.4	35	0	175	150	10.66	139.34	25	7.106667	1.33	0.5	0.9
18-nov-09	10	17.2	5.38	16	32.4	518.4	21	0	250	200	2.65	197.35	50	1.325	1.27	0.56	0.88
18-nov-09	11	13.5	5.4	20	23.5	470	23	1A	200	150	13.6	136.4	50	9.066667	1.08	0.7	0.7
18-nov-09	12	15	5.15	14	17.8	249.2	20	0	200	150	7.14	142.86	50	4.76	1.02	0.6	0.9
18-nov-09	13	19.4	4.6	14	34	476	21	0	250	200	3.75	196.25	50	1.875	1.2	0.6	0.9
18-nov-09	14	20	5.5	14	33.2	464.8	7	0	250	200	0.67	199.33	50	0.335	1.36	0.49	0.99
18-nov-09	15	19.4	4.94	14	33.2	464.8	23	1A	300	225	10.13	214.87	75	4.502222	1.27	0.51	0.9
20-nov-09	16	17.5	4.83	18	31.2	561.6	22	0	250	200	4.21	195.79	50	2.105	1.3	0.52	0.96
20-nov-09	17	19.5	4.5	14	37.6	526.4	48	3M,1A	275	200	16.37	183.63	75	8.185	1.2	0.8	0.8
20-nov-09	18	16.3	5	14	28.6	400.4	10	0	200	175	3.83	171.17	25	2.188571	1.3	0.45	0.98
20-nov-09	19	17.5	4.7	10	35.2	352	46	8A	225	175	16.18	158.82	50	9.245714	1.26	0.52	0.9
20-nov-09	20	20.2	5.01	14	32.2	450.8	11	8M	300	250	2.38	247.62	50	0.952	1.16	0.5	0.8
20-nov-09	21	18.8	4.8	16	32	512	14	0	250	175	4.25	170.75	75	2.428571	1.26	0.5	0.97
20-nov-09	22	20	4.9	14	35.8	501.2	30	0	275	225	5.58	219.42	50	2.48	1.19	0.56	0.81
20-nov-09	23	15.4	4.4	14	27.6	386.4	12	1M	300	225	5.66	219.34	75	2.515556	1.27	0.56	0.88
20-nov-09	24	18.8	5	14	30.6	428.4	6	1M	275	225	0.42	224.58	50	0.186667	1.08	0.7	0.7
23-nov-09	25	16.4	5	12	25.8	309.6	230	0	200	150	100	50	50	66.66667	1.02	0.6	0.9
23-nov-09	26	18.7	5.24	16	34.4	550.4	21	1A	300	250	5.06	244.94	50	2.024	1.2	0.6	0.9
23-nov-09	27	17.8	4.9	12	31.2	374.4	127	0	225	150	49.93	100.07	75	33.28667	1.2	0.36	0.75
23-nov-09	28	15.5	5.2	16	25.8	412.8	350	0	200	175	150	25	25	85.71429	1.04	0.35	0.73
23-nov-09	29	18.5	5.3	14	33.4	467.6	29	0	275	225	9.31	215.69	50	4.137778	1	0.4	0.8
23-nov-09	30	19.6	4.9	15	30.2	453	33	2A	275	225	9.69	215.31	50	4.306667	1.1	0.4	0.65
23-nov-09	31	15.6	4.7	12	30	360	25	0	200	150	7.83	142.17	50	5.22	1.15	0.4	0.75
24-nov-09	32	18.5	3.9	12	18	216	35	0	175	125	8.93	116.07	50	7.144	1	0.4	0.73
24-nov-09	33	14.5	4.6	15	20.8	312	58	0	200	150	26.45	123.55	50	17.63333	1.2	0.4	0.9
24-nov-09	34	15.5	4.8	14	20.4	285.6	79	0	150	100	14.74	85.26	50	14.74	1.1	0.5	0.8
24-nov-09	35	16.2	5	16	28.2	451.2	7	1A	225	175	0.94	174.06	50	0.537143	1.1	0.45	0.75
24-nov-09	36	12.5	4.9	18	28	504	2	2A	150	125	0.05	124.95	25	0.04	1.1	0.6	0.7
24-nov-09	37	16.3	5	16	28.6	457.6	40	1A	225	175	7.62	167.38	25	4.354286	1.1	0.4	0.8
24-nov-09	38	11.4	4.5	14	23.6	330.4	4	1M	175	150	0.09	149.91	25	0.06	1.03	0.5	0.83
24-nov-09	39	3.6	3.8	16	12.2	195.2	122	0	50	25	13.19	11.81	25	52.76	1.06	0.4	0.9
24-nov-09	40	19.3	4.69	12	28	336	18	1M	225	175	5.32	169.68	25	3.04	1.1	0.4	0.84
Promedio		16.8275	4.8805	14.7	28.6525	420.745	42	0	230.63	180.03	13.9418	166.08325	47.5	9.53591	1.172	0.5149	0.8351
Totales		673.1	195.22	588	1146.1	16829.8	1680	0	9225	7201	557.67	6643.33	1900	9.53591	1.143	0.502	0.8143

Dónde: E=Espesor grano; A=Ancho grano; L= Longitud del grano

Tabla B.2. Caracterización física grano de maíz H-159 (Elaboración propia, 2012)

Fecha	Maíz	Longitud cm	Diametro cm	Granos		Granos Podridos	Granos Dife.	Peso Mazorca gr	Peso Grano gr	Peso G. Podrido gr	Peso G. bueno gr	Peso Olote gr	% G. Podrido	Dimensiones (cm)			
				Hilera	Hileras									L	E	A	
08-dic-09	1	17.8	4.2	14	37.4	523.6	16	0	200	175	14.18	160.8	25	8.1029	L	E	A
08-dic-09	2	19.6	5.4	16	31	496	14	0	300	225	4.5	220.5	75	2	1	0.5	0.6
08-dic-09	3	18.8	5.2	16	36.2	579.2	24	0	300	250	8.84	241.2	50	3.536	1.1	0.6	0.8
08-dic-09	4	15.7	4.7	16	31.4	502.4	4	0	200	175	8.58	166.4	25	4.9029	0.9	0.6	0.8
08-dic-09	5	22.1	5.5	20	34.2	684	19	0	375	300	4.9	295.1	75	1.6333	1	0.5	0.8
08-dic-09	6	19.8	4.9	14	38	532	39	0	325	250	21.04	229	75	8.416	1	0.6	0.8
08-dic-09	7	17.9	5	16	30.4	486.4	28	0	275	225	17.95	207.1	50	7.9778	1	0.5	0.7
08-dic-09	8	17.7	5.37	16	31.4	502.4	3	0	275	225	0.05	225	50	0.0222	1	0.5	0.7
09-dic-09	9	20.3	5.5	18	31	558	32	0	300	225	18.25	206.8	75	8.1111	1.1	0.5	0.7
09-dic-09	10	16.1	5.05	14	30	420	8	0	225	200	1.54	198.5	25	0.77	0.9	0.5	0.7
09-dic-09	11	15.7	5	14	30	420	156	0	225	175	66	109	50	37.714	0.94	0.8	0.9
09-dic-09	12	18	4.8	20	24.6	492	44	0	225	175	25	150	50	14.286	1.3	0.43	0.9
09-dic-09	13	20.7	5.2	16	34.8	556.8	27	0	275	225	5.57	219.4	50	2.4756	1.2	0.42	0.95
09-dic-09	14	10.3	4.8	16	18.2	291.2	127	0	150	125	50.02	74.98	25	40.016	1.2	0.5	0.94
11-dic-09	15	25.1	4.1	16	18.6	297.6	63	0	200	150	36.15	113.9	50	24.1	1.2	0.5	0.9
11-dic-09	16	10.3	4.89	14	15.16	212.2	1	0	100	75	0.1	74.9	25	0.1333	1.2	0.5	0.8
11-dic-09	17	12.3	4.8	14	24.4	341.6	34	0	100	75	14.75	60.25	25	19.667	1.1	0.7	0.93
11-dic-09	18	14.5	3.8	15	17.2	258	120	0	100	75	44.04	30.96	25	58.72	1.34	0.5	0.93
11-dic-09	19	15	4.5	20	19.6	392	91	0	125	75	25	50	50	33.333	1.2	0.5	1
11-dic-09	20	15.2	3.87	14	28.4	397.6	1	0	75	50	0.03	49.97	25	0.06	1.2	0.5	0.9
11-dic-09	21	17.4	4.4	14	33.2	464.8	372	0	175	150	125	25	25	83.333	1.2	0.4	0.9
11-dic-09	22	9.7	4	13	12.2	158.6	41	0	100	75	23.48	51.52	25	31.307	1.2	0.44	1
11-dic-09	23	19.4	5.21	14	35.2	492.8	10	0	300	225	2.17	222.8	75	0.9644	1.1	0.42	0.9
11-dic-09	24	13.2	3.9	14	14.2	198.8	5	1M	100	75	8.9	66.1	25	11.867	1.2	0.5	0.9
11-dic-09	25	18.6	5	16	28	448	17	1M	275	225	12.11	212.9	50	5.3822	1.2	0.4	0.9
11-dic-09	26	14.7	4	14	30.4	425.6	9	0	125	100	0.62	99.38	0.25	0.62	1.2	0.4	0.9
11-dic-09	27	17.2	4.5	18	18.8	338.4	17	0	175	125	11.77	113.2	50	9.416	1.15	0.72	0.87
11-dic-09	28	17	4.72	12	30.8	369.6	0	0	175	150	0	150	25	0	1.1	0.55	0.75
11-dic-09	29	18	4.5	15	35.8	537	80	0	250	200	40.91	159.1	50	20.455	1.07	0.6	0.79
11-dic-09	30	13.1	4.25	12	25.6	307.2	24	0	100	75	2.14	72.86	25	2.8533	1.13	0.47	0.85
11-dic-09	31	17.8	3.9	14	26.2	366.8	14	0	175	150	15.08	134.9	25	10.053	1.23	0.56	0.7
11-dic-09	32	12.3	4.3	11	18.4	202.4	7	0	125	100	10.31	89.69	25	10.31	1.23	0.42	0.86
11-dic-09	33	12.7	5.23	14	22.8	319.2	30	0	175	150	7.81	142.2	25	5.2067	1.5	0.52	0.79
11-dic-09	34	10.5	4.2	14	14.6	204.4	21	0	100	75	14.29	60.71	25	19.053	0.9	0.7	0.71
11-dic-09	35	20.4	5	18	35	630	166	0	325	275	75	200	50	27.273	1.14	0.41	0.82
11-dic-09	36	12.2	4.59	14	22.4	313.6	130	0	125	100	1.79	98.21	25	1.79	1.46	0.43	0.95
11-dic-09	37	18.8	4.8	14	32.4	453.6	36	0	275	225	24	201	50	10.667	1.2	0.49	0.91
11-dic-09	38	14.4	3.6	14	32.4	453.6	7	0	100	75	8.21	66.79	25	10.947	1.37	0.46	0.94
11-dic-09	39	17	4.8	18	31.4	565.2	44	0	225	200	19.41	180.6	25	9.705	1.33	0.42	0.85
11-dic-09	40	11.2	4.93	14	22.6	316.4	0	1A	175	150	0	150	25	0	1.29	0.41	0.91
11-dic-09	41	13.5	4.6	14	26	364	6	0	125	100	5	95	25	5	1.4	1.39	0.91
11-dic-09	42	14.7	4.37	16	15.6	249.6	23	0	125	100	6.09	93.91	25	6.09	1.28	0.54	0.89
15-dic-09	43	13	5.15	14	21.4	299.6	6	0	200	150	10.66	139.3	50	7.1067	1.33	0.49	0.87
15-dic-09	44	18.8	4.2	14	26.8	375.2	265	0	150	50	25	25	100	50	1.14	0.57	0.91
15-dic-09	45	13.1	4.9	18	16.1	289.8	193	0	125	100	61.34	38.66	25	61.34	1.39	0.45	0.91
15-dic-09	46	10	4.7	15	17.2	258	10	0	100	75	9.44	65.56	25	12.587	1.37	0.43	0.95
15-dic-09	47	16.6	4.6	14	32.8	459.2	28	0	225	175	19.75	155.3	50	11.286	1.37	0.41	0.96
15-dic-09	48	19.8	3.3	13	12.2	158.6	76	0	100	75	34.06	40.94	25	45.413	1.32	0.46	0.97
15-dic-09	49	12.7	5.1	16	21.2	339.2	23	0	175	150	14.77	135.2	25	9.8467	1.45	0.46	0.9
15-dic-09	50	14.3	4.4	18	28.6	514.8	264	0	150	125	75	50	25	60	1.39	0.45	0.98
15-dic-09	51	9.1	3.5	13	18	234	10	0	75	50	8.65	41.35	25	17.3	1.48	0.45	0.96
Promedio		15.7667	4.612353	15.1	25.8875	393.2	54.60784	0	185.784	147.1	20.38	126.7	38.24	16.336	1.2	0.5194	0.863
Totales		492.167	94.88235	311	493.787	7394	1399.608	0	3360.78	2647	451	2196	713.2	16.336	1.177	0.5094	0.847

Dónde: E=Espesor grano; A=Ancho grano; L= Longitud del grano

Tabla B.3. Caracterización física grano de maíz comercial “Leopardo” (Elaboración propia, 2012)

Fecha	Maíz	Longitud cm	Diámetro cm	Granos		Granos x Maíz	Granos Podridos	Granos Dife.	Peso Mazorca gr	Peso Grano gr	Peso G. Podrido gr	Peso G. bueno gr	Peso Olote gr	% G. Podrido	Dimensiones (cm)		
				Hileras	Hileras										L	E	A
02-dic-09	1	18	4.4	12	29.8	357.6	47	0	200	150	27.03	122.97	50	18.02	L	E	A
02-dic-09	2	18	5.3	14	31.8	445.2	1	0	300	250	0.02	249.98	50	0.008	1	0.8	0.9
02-dic-09	3	14.8	4.8	19	21.4	406.6	407	0	175	150	150	0	25	100	1.15	0.4	0.9
02-dic-09	4	19.3	5.01	16	31	496	30	0	225	200	7.33	192.67	25	3.665	0.8	0.75	0.9
02-dic-09	5	17.1	5.6	14	29	406	31	0	275	225	9.03	215.97	50	4.013333	0.9	0.9	0.6
02-dic-09	6	20.5	4.46	11	28.6	314.6	1	0	200	175	0.18	174.82	25	0.102857	0.8	0.5	0.9
02-dic-09	7	10.3	4.5	14	11.8	165.2	1	0	100	75	0.52	74.48	25	0.693333	0.9	0.6	1.1
02-dic-09	8	16.8	5.14	16	31.4	502.4	467	0	200	175	165.77	9.23	25	94.72571	0.9	0.6	1
02-dic-09	9	16.3	4.8	14	21.3	298.2	49	0	175	150	24.64	125.36	25	16.42667	0.9	0.6	0.9
02-dic-09	10	17.1	5.2	16	31.2	499.2	15	0	250	225	5.07	219.93	25	2.253333	1	0.5	0.96
02-dic-09	11	16	4.5	12	25.8	309.6	30	1M	175	150	13.9	136.1	25	9.266667	1.3	0.5	1.1
02-dic-09	12	17.4	5.67	20	27.2	544	23	1M	300	250	5.94	244.06	50	2.376	1.32	0.6	1
02-dic-09	13	19.3	5.6	16	29.8	476.8	44	0	325	225	17.65	207.35	100	7.844444	1.3	0.5	1.1
02-dic-09	14	15.2	4.9	18	27.2	489.6	19	0	175	150	3.49	146.51	25	2.326667	1.4	0.5	1.2
02-dic-09	15	20	4.4	16	32	512	29	1M	250	225	14.61	210.39	25	6.493333	1.3	0.6	1
03-dic-09	16	17.7	5	14	35	490	89	0	175	150	55.31	94.69	25	36.87333	1.2	0.6	1.16
03-dic-09	17	16.3	4.8	14	37	518	144	1A	175	150	47.26	102.74	25	31.50667	1.2	0.5	1.1
03-dic-09	18	11.9	4.9	14	23.2	324.8	71	0	125	100	26.49	73.51	25	26.49	1.2	0.5	0.95
03-dic-09	19	13.2	4.6	13	26.2	340.6	30	0	175	150	17.68	132.32	25	11.78667	1.2	0.6	1.25
03-dic-09	20	18	5.3	16	30.2	483.2	70	1M	275	200	31.36	168.64	75	15.68	1.15	0.54	1.1
03-dic-09	21	11.5	5.1	16	18	288	50	0	150	100	24.34	75.66	50	24.34	1.23	0.64	1
03-dic-09	22	13.5	4.5	18	23	414	34	0	175	150	15.82	134.18	25	10.54667	1.3	0.8	1.1
04-dic-09	23	19.5	5	16	28.8	460.8	15	0	200	175	1.85	173.15	25	1.057143	1.3	0.6	1.2
04-dic-09	24	14.1	4.61	12	23.4	280.8	27	0	150	125	6.89	118.11	25	5.512	1.1	0.5	1.1
04-dic-09	25	17.9	5.1	16	29.6	473.6	29	0	250	225	17.07	207.93	25	7.586667	1.2	0.5	1.1
04-dic-09	26	11.1	4.2	15	18.4	276	18	0	100	75	12.68	62.32	25	16.90667	1.1	0.7	0.9
04-dic-09	27	18.6	4.5	14	32.8	459.2	85	0	200	150	34.76	115.24	50	23.17333	1.14	0.57	0.91
04-dic-09	28	14	4.35	14	26.8	375.2	28	0	100	75	2.9	72.1	25	3.866667	1.39	0.45	0.91
04-dic-09	29	16.5	4.6	17	28	476	15	0	200	175	11.41	163.59	25	6.52	1.37	0.43	0.95
04-dic-09	30	16.5	4.4	14	31	434	39	0	200	150	20.26	129.74	50	13.50667	1.37	0.41	0.96
04-dic-09	31	18.6	5.4	16	34.4	550.4	29	0	300	250	14.49	235.51	50	5.796	1.32	0.46	0.97
04-dic-09	32	13.1	5.3	14	17.4	243.6	50	0	200	150	28.67	121.33	50	19.11333	1.45	0.46	0.9
04-dic-09	33	13.7	4.8	16	29.8	476.8	50	0	175	125	18.9	106.1	50	15.12	1.39	0.45	0.98
07-dic-09	34	15.5	4.7	14	24.2	338.8	57	1M	200	175	20.16	154.84	25	11.52	1.48	0.45	0.96
07-dic-09	35	16.3	4.1	14	25.4	355.6	12	0	150	125	10.4	114.6	25	8.32	1.2	0.4	1.1
07-dic-09	36	14.6	4.6	14	28	392	28	0	175	150	13.2	136.8	25	8.8	1.3	0.6	1
07-dic-09	37	13.5	4.79	11	29	319	16	0	125	100	0.49	99.51	25	0.49	1.3	0.6	1.1
07-dic-09	38	17	4.9	14	30.2	422.8	41	0	175	150	15.31	134.69	25	10.20667	1.1	0.6	1.1
07-dic-09	39	16.1	4.5	14	26.4	369.6	34	0	200	175	19.31	155.69	25	11.03429	1.2	0.5	1
08-dic-09	40	16.6	4.98	12	29.8	357.6	50	0	200	150	11.97	138.03	50	7.98	1.3	0.4	1.1
08-dic-09	41	16.7	5.1	16	31.4	502.4	34	0	225	200	17.59	182.41	25	8.795	1.3	0.4	1.1
08-dic-09	42	18.7	4.09	12	30.6	367.2	10	0	175	150	12.18	137.82	25	8.12	1.3	0.4	1.1
08-dic-09	43	16.3	4.6	14	26.2	366.8	282	0	125	100	65.25	34.75	25	65.25	1.3	0.74	0.9
08-dic-09	44	16	4.91	13	30.6	397.8	11	0	175	150	1.53	148.47	25	1.02	1.1	0.8	0.9
08-dic-09	45	16.2	3.2	14	18	252	26	1M	75	50	12.96	37.04	25	25.92	1.2	0.6	0.93
08-dic-09	46	16.4	4.6	14	28.6	400.4	25	1M	175	150	56	94	25	37.33333	1.2	0.6	0.93
08-dic-09	47	14.5	5	18	21.8	392.4	91	0	150	125	30.94	94.06	25	24.752	1.3	0.6	1
08-dic-09	48	12.9	4.69	16	26.4	422.4	11	0	150	125	2.62	122.38	25	2.096	1.2	0.6	1
08-dic-09	49	7.7	3.4	12	11.6	139.2	13	0	50	45	9.34	35.66	5	20.75556	1.3	0.6	1
08-dic-09	50	10.5	4	10	15.4	154	125	0	75	50	47.78	2.22	25	95.56	1.3	0.6	1
08-dic-09	51	12	4.69	14	23.8	333.2	4	0	150	125	0.55	124.45	25	0.44	1.3	0.6	1
08-dic-09	52	14.6	3.9	14	25	350	7	0	125	100	8.74	91.26	25	8.74	1.2	0.6	1
Totales		498.7	94.85	290	529.6	7353.6	977	0	3250	2670	403.89	2266.1	580	7.526273	0.5138	0.22308	0.406

Dónde: E=Espesor grano; A=Ancho grano; L= Longitud del grano

ANEXO C

ANEXO C. DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA ACTIVIDAD MUNDO REAL 3.1.1.1.2.2

Prueba de sanidad del grano con papel secante y congelación**FECHA SIEMBRA:** 8-04-11**TEMP I:** 19.7°C**TEMP F:** 26.8°C**HORA INICIO:** 8:40 a.m. **HORA FINAL:** 7:45 p.m**OBJETIVO:** determinación de micobiota en granos de maíz utilizados para hacer tortillas en una zona de la Delegación Gustavo A Madero.**Diseño experimental:** bloques completos al azar; **Unidad experimental:** 50 granos**Muestra por tratamiento:** 100; **Repeticiones:** 2; **Tratamientos:** 22**Tabla C.1** Diseño experimental actividad mundo real (Elaboración propia, 2012)

No.	DESCRIPCION (nombre)	REPETICIONES		Peso Total (g)	Peso basura (g)	Peso. G Partidos	% basura	% Granos Partidos
		I	II					
T1	La Estrellita	9	24	426.6	0.96	58.40	4.09536	13.689639
T2	El Tapatio	2	32	376.9	0.27	46.94	1.01763	802.939923
T3	Chalma	5	26	438.2	-	63.75	0	687.372549
T4	La Pastora	4	31	364	1.27	53.61	4.6228	678.977803
T5	Aritortillas	16	38	410.6	0.08	55.7	0.32848	737.163375
T6	Providencia	13	34	405	0.38	55.72	1.539	726.848528
T7	Cuautepec	18	42	458.4	0.64	66.73	2.93376	686.9474
T8	Barrio Bajo	20	29	386.8	-	49.90	0	775.150301
T9	Las Blanquitas	22	39	415	-	53.82	0	771.088815
T10	Boulevard	19	33	410	-	50.78	0	807.40449
T11	Tres Chiles	17	36	422.5	-	66.07	0	639.473286
T12	Lomas	11	41	371.6	0.15	52.42	0.5574	708.889737
T13	El Molinito	6	23	367.1	-	53.53	0	685.783673
T14	La Forestal	3	27	442.7	-	50.01	0	885.222955
T15	El Arbolillo	1	40	405	0.28	62.47	1.134	648.311189
T16	Villas Cuauhtepc	7	35	347.5	-	50.60	0	686.758893
T17	El Coyotec	10	43	430	0.10	61.83	0.43	695.455281
T18	Juventino	8	30	399.6	0.56	62.29	2.23776	641.515492
T19	La Forestal II	12	37	428	0.83	74.34	3.5524	575.733118
T20	La Palma	14	44	422	0.08	74.34	0.3376	567.662093
T21	Malacates	21	28	395	0.71	54.79	2.8045	720.934477
T22	Loma Palma	15	25	424	-	40.08	0	1057.88423

Tabla C.2 Acomodación de granos (Elaboración propia, 2012)

T13,23	T1,24	T22,25	T3,26	T15,1	T2,2	T14,3	T4,4
T18,30	T8,29	T21,28	T14,27	T18,8	T16,7	T13,6	T3,5
T4,31	T2,32	T10,33	T6,34	T1,9	T17,10	T12,11	T19,12
T5,38	T19,37	T11,36	T11,35	T5,16	T22,15	T20,14	T6,13
T9,39	T15,40					T11,17	T7,18
T7,42	T12,41					T8,20	T10,19
T17,43	T20,44					T9,21	T21,22
REPETICIÓN II				REPETICIÓN I			

ANEXO D

ANEXO D. RESULTADOS DEL PROGRAMA SAS DE LA ACTIVIDAD 3.3.2

Obs	pfgt	pfdt	ppt	pmt	pct	ptht
1	0.0000	16.4299	14.1788	0.0000	0.00000	35.6685
2	16.4299	11.5369	16.4299	0.0000	0.00000	35.6685
3	0.0000	11.5369	14.1788	8.1301	8.13008	33.2108
4	0.0000	11.5369	20.2679	0.0000	0.00000	34.4498
5	14.1788	0.0000	11.5369	8.1301	0.00000	26.5650
6	16.4299	16.4299	8.1301	0.0000	0.00000	33.2108
7	2 0.2679	8.1301	8.1301	0.0000	0.00000	29.3338
8	8.1301	14.1788	16.4299	11.5369	0.00000	31.9480
9	8.1301	14.1788	8.1301	8.1301	0.00000	25.1040
10	11.5369	8.1301	0.0000	0.0000	0.00000	25.1040
11	14.1788	8.1301	0.0000	18.4349	0.00000	31.9480
12	18.4349	14.1788	0.0000	14.1788	0.00000	34.4498
13	5.7392	8.1301	0.0000	5.7392	0.00000	20.2679
14	8.1301	8.1301	9.9742	0.0000	0.00000	21.1342
15	8.1301	14.1788	0.0000	5.7392	0.00000	23.5781
16	5.7392	14.1788	0.0000	12.9209	0.00000	24.3500
17	0.0000	14.1788	12.9209	5.7392	0.00000	20.2679
18	0.0000	11.5369	11.5369	0.0000	0.00000	21.9727
19	8.1301	18.4349	8.1301	0.0000	0.00000	23.5781
20	15.3417	11.5369	9.9742	5.7392	0.00000	27.9720
21	5.7392	14.1788	5.7392	0.0000	0.00000	21.1342
22	0.0000	8.1301	8.1301	0.0000	0.00000	21.9727
23	5.7392	11.5369	12.9209	5.7392	0.00000	21.9727
24	11.5369	11.5369	9.9742	0.0000	0.00000	23.5781
25	5.7392	11.5369	12.9209	0.0000	0.00000	21.1342
26	9.9742	11.5369	5.7392	5.7392	0.00000	21.1342
27	5.7392	14.1788	0.0000	0.0000	0.00000	18.4349
28	9.9742	8.1301	0.0000	0.0000	0.00000	18.4349

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
trat	7	1 2 3 4 5 6 100
rep	4	1 2 3 4

Número de observaciones 28

Calidad sanitaria lili H 19

Procedimiento GLM

Variable dependiente: pftt

Suma de Cuadrado de

Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	922.061564	102.451285	20.79	<.0001
Error	18	88.706388	4.928133		

Total correcto 27 1010.767952

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	pftt Media
0.912239	9.212812	2.219940	24.09622

Cuadrado de

Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
trat	6	910.1560292	151.6926715	30.78	<.0001
rep	3	11.9055347	3.9685116	0.81	0.5072

Cuadrado de

Fuente	DF	Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
trat	6	910.1560292	151.6926715	30.78	<.0001
rep	3	11.9055347	3.9685116	0.81	0.5072

Procedimiento GLM

t Tests (LSD) para PFT

NOTA: Este test controla el índice de error comparison wise de tipo I, no el índice de error experiment wise.

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 18
 Error de cuadrado medio 8.496032
 Valor crítico de t 2.10092
 Diferencia menos significativa 4.3302

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t	Agrupamiento	Media	N	trat
	A	31.500	4	100
	B	27.000	4	1
	C	15.500	4	4
	C	14.000	4	5
	D C	12.750	4	3
	D C	11.250	4	6
	D	9.500	4	2

t Tests (LSD) para PFM

NOTA: Este test controla el índice de error comparison wise de tipo I, no el índice de error experiment wise.

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 18
 Error de cuadrado medio 4.777778
 Valor crítico de t 2.10092
 Diferencia menos significativa 3.2472

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t	Agrupamiento	Media	N	trat
	A	16.500	4	100
	B	9.500	4	2
	B	9.000	4	1
	C B	8.500	4	3
	C B	7.750	4	5
	C B	6.750	4	4
	C	5.750	4	6

Procedimiento GLM

t Tests (LSD) para PFG

NOTA: Este test controla el índice de error comparison wise de tipo I, no el índice de error experiment wise.

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 18
 Error de cuadrado medio 8.837302
 Valor crítico de t 2.10092
 Diferencia menos significativa 4.4163

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t	Agrupamiento	Media	N	trat
	A	7.000	4	1
	B A	5.500	4	2
	B	2.250	4	4
	B	2.000	4	100
	B	2.000	4	6
	B	1.500	4	5
	B	1.500	4	3

ANEXO E

ANEXO E. DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA ACTIVIDAD 3.3.3

Efectos de la irradiación ultravioleta en granos de maíz (*Zea Mays* L.) del Híbrido Leopardo de la empresa Asgrow inoculación con *Aspergillus flavus*.

Fecha de cálculo de humedad: 2-09-11

Porcentaje de humedad: 12.21%

Fecha de inoculación: 5-09-11 (Por 48 horas a 28°C)

Fecha de irradiación: 8-09-11

Fecha de siembra: 9-09-11

Tabla E.1 Diseño experimental actividad 3.3.3 (Elaboración propia, 2012)

No. Tratamientos	Descripción	REPETICIÓN I	REPETICIÓN II	REPETICIÓN III	REPETICIÓN IV
1	T1 (t1, p1)	1	13	25	35
2	T2 (t2, p1)	9	17	20	33
3	T3 (t3, p1)	6	10	23	37
4	T4 (t4, p1)	5	16	28	30
5	T0 (t0, p1)	2	11	21	38
6	T5 (t1, p2)	3	12	29	34
7	T6 (t2, p2)	4	15	27	36
8	T7 (t3, p2)	7	19	24	31
9	T8 (t4, p2)	8	18	22	39
10	T9 (t0, p2)	10	14	26	32

Tabla E.2 Acomodación de los granos (cajas Petri) (Elaboración propia, 2012)

1-10 REPETICIÓN I	20-29 REPETICIÓN III
30-39 REPETICIÓN IV	11 -19 REPETICIÓN II

ANEXO F

ANEXO F. CARACTERÍSTICAS DE LA MACRO MORFOLOGÍA Y MICROMORFOLOGÍA DE HONGOS EN GRANOS DE MAÍZ (NELSON, 1983)

Tabla F.1 Características generales macroscópicas y micromorfología de los hongos aislado en granos de maíz (Elaboración propia, 2012).

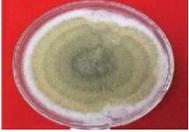
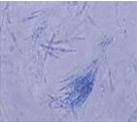
Hongo	Características Macroscópicas	Características Microscópicas	Imagen
<i>Aspergillus flavus</i>	Las colonias desarrollan rápidamente sobre medio de cultivo MSA a 25°C en cinco a siete días. El color es verde – amarillo. La textura de las colonias es pulverulenta con surcos radiales, rugosas o granuladas, ocasionalmente algodonosas en el centro o margen de la colonia. El reverso de la colonia es incoloro.	Los conidióforos no ramificados de pared gruesa, hialinos, rugosos, de ≥ 1 mm de longitud y de 10 a 20 μm de diámetro. Las vesículas son globosas o subglobosas de 10 a 65 μm de diámetro produciendo fiálides unibiseriadas alrededor de la vesícula. Los conidios son de colores verde amarillentos, lisos o finamente rugosos, esféricos o subesféricos con un diámetro de 3,5 a 4,5 μm de diámetro.	 
<i>Aspergillus niger</i>	Colonias de rápido desarrollo sobre MSA a 25 y 37 °C. El color de las colonias al principio es blanco amarillo, luego es negro. La textura de las colonias es granular. El reverso de la colonia es incoloro o crema.	Los conidióforos son de pared lisa, hialina o pigmentada y miden de 1,5 a 3 mm de largo y de 15 a 20 μm de diámetro. La vesícula es globosa con 50 - 100 μm de diámetro y produce fiálides alrededor de ella. Las fiálides son bise seriadas, las ramas primarias miden 30 μm de largo y pueden estar tabicadas, mientras que las secundarias son cortas y miden 8 μm de longitud, a partir de las cuales brotan los conidios, los cuales son globosos y rugosos con 4 a 5 μm de diámetro, de color castaño o marrón a negro.	 
<i>Rizophus spp.</i>	Colonias de crecimiento rápido a 37 °C a los cuatro días llegan a ocupar totalmente la placa Petri. Inicialmente son blancas pero luego cambian a gris parduscas. No desarrollan a 45 °C.	El micelio carece de septos. Presentan estolones y rizoides. Los esporangióforos no son ramificados, tienen una longitud de 2 mm, generalmente están en grupos, formando verticilios en cuya base se sitúan los rizoides. La sapófisis puede estar presente pero son poco evidentes. Presentan esporangios esféricos cuyo ancho es de 50 a 300 μm , los cuales son de color gris pardusco a negro. La columela es subesféricos abarcando entre 50 a 70% del esporangio. Las esporangiosporas son angulares y con estrías longitudinales, grisáceas, su esféricas o elipsoidales con dimensiones de 6 a 8 x 4 a 5 μm .	
<i>Mucor spp.</i>	Las colonias desarrollan rápidamente a 25 °C, cubriendo la superficie del medio de cultivo; crecen pobremente a 37 °C. El color de las colonias es blanquecino al inicio, con el tiempo cambia a marrón. El reverso de la colonia es blanquecino.	Presentan hifas aseptadas y gruesas. Se caracteriza por presentar esporangióforos, esporangios. Carecen de apófisis, estolón y rizoides. Las columelas son hialinas, siendo visibles si el esporangio se encuentra intacto. Los esporangios son esféricos o redondos (50 – 300 μm).	
<i>Penicillium spp.</i>	Se caracteriza por formar conidios en una estructura ramificada semejante a un pincel que termina en células conidiógenas llamadas fiálides. Las colonias de <i>Penicillium</i> son circulares si no hay impedimento alguno para su crecimiento, con un borde neto muchas veces sin fructificación y mostrando el color del micelio. Color verde aceituna.	Los filamentos o hifas alcanzan un diámetro entre dos o tres micrómetros y tienen septos con un poro central que no es visible al microscopio óptico. Las paredes del estípote, las ramas o las métulas pueden ser lisas, rugosas o equinuladas. La pared de las fiálides es siempre lisa. Las fiálides pueden tener forma de ánfora o bien ser casi cilíndricas con la porción apical en forma de cono.	 

Tabla F.2 Características físicas de los hongos aislados (Elaboración propia, 2012)

Especie	Tamaño de la colonia (cm)	Color de la colonia (anverso y reverso)	Textura del micelio	Microconidios	Macroconidio	Conidióforo	Imagen
<i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon [W&R, B, J]	4.04	Crece con un micelio aéreo blanco que a menudo se define de violeta en el centro y el margen de color durazno.	Ligeramente floccoso	Forma microconidio oval en cadenas (unicelulares), 8,6µm la media,	Presenta macroconidio septado de forma falcada a recta con la superficie dorsal y ventral casi siempre en forma paralela presentando paredes delgadas. La célula basal en forma de pie.	Presenta monofialides simples o ramificadas no hay presencia de cladiospora No presenta esclerocios.	 
<i>Fusarium graminearum</i> Schwabe [W&R,G,B,J]	4.50	El crecimiento es rápido con un micelio aéreo de color amarillo a bronceado con el margen de rojo carmín a blanco, el reverse de la colonia rojo carmín.	Más espulorado	Microconidios ausentes.	Presente de forma septado de forma falcada a recta con la superficie ventral recta y adorsalmente arqueado liso. La célula apical es de forma cónica y la célula basal en forma de pie.	Presenta monofialides simples o ramificadas.	 
<i>Fusarium oxysporum</i>	2.8	Crece lentamente desarrolla poco micelio aéreo. Su color varía de blanco a naranja. El anverso y reverso de la colonia son de color salmón.	Aterciopelado	Microconidios ausente	Abundantes pequeños sin septo o de 1-2 septas. Conidios en forma de media luna.	Presenta monofialides ramificadas o no ramificadas.	 

ANEXO G

ANEXO G. DISEÑO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ACTIVIDAD GRANOS INOCULADOS CON 30,000 ESPORAS DE *A. flavus*

Objetivo: Observar el efecto de radiación ultravioleta a tres diferentes régimen de exposición para inactivar el crecimiento del micelio de grano de maíz inoculado con *A. flavus*.

Hipótesis: Afectara la radiación UV-C en diferentes regímenes el crecimiento del hongo *A. Flavus*.

Diseño experimental: Bloques completos al azar

Metodología

Para esta segunda fase de la prueba, se seleccionaron dos cajas Petri por tratamiento que contenían el hongo *A. Flavus* en crecimiento para someterlos nuevamente a diferente régimen de radiación lámpara UV, modelo G5 T8 Phillips) de luz ultravioleta por 0, 1, 2, 3 y 4 régimen de exposición respectivamente. La potencia de las lámparas es de 120 W. Las cajas Petri fueron colocadas directamente sobre la el prototipo irradiador para recibir el tratamiento con la luz UV-C.

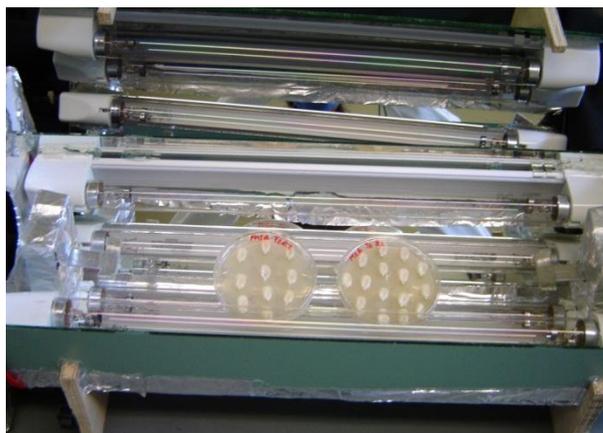


Figura G.1. Prototipo de UV-C (8 lámparas UV, modelo G5 T8 Phillips)



Figura G.2. Preparación de la muestra granos de maíz inoculado y en crecimiento con *A. flavus*

Los regímenes de exposición a la luz UV-c se muestran en la siguiente tabla.

Tabla G.1. Relación entre régimen y tiempos de exposición con el tratamiento UV-C (Elaboración propia, 2012)

Régimen	Tiempos de radiación (min)	Tratamiento	Descripción	Potencia	Espacio de tiempo entre radiación
0	0* control	(T0, T9)	Control	120 W	30 min
1	10	(T1, T5)	Grano radiados a 2.5 min		
2	2 veces (10)	(T2, T6)	Granos irradiados a 5 min		
3	3 veces (10)	(T3, T7)	Granos radiados a 7.5 min		
4	4 veces (10)	(T4, T8)	Granos radiados a 10 min		

Tabla G.2. Resultados obtenidos (Elaboración propia, 2012)

REGIMEN	REPETICION	COLOR	MEDIA DIAMETRO COLONIA	ESPORULACIÓN	CARACTERISTICAS ANVERSO (COLONIA)
0* control	R1	Verde olivo	1.905	Mayor 15/15	Mayor separación de la espora (conidio)
	R2	Verde oscuro	1.43	Mayor 10/10	Conidios más pegados al grano menor crecimiento del micelio
1	R1	Verde claro	2.13	Menor 7/10	Crecimiento del micelio en mayor proporción con respecto al control (0)
	R2	Verde oscuro	1.54	Mayor 12/15	Conidios más pegados al grano pero en menor desarrollo que el control.
2	R1	Verde claro	1.73	Mayor 14/15	Crecimiento del micelio mayor al control, conidios más oscuros que el control.
	R2	Verde claro	1.63	Menor 7/10	Micelio más amplio con respecto al control.
3	R1	Verde oscuro	1.49	Mayor 14/15	Crecimiento del micelio mayor, conidios oscuros.
	R2	Verde oscuro	1.86	Menor 7/10	Micelio más amplio que el control.
4	R1	Verde claro	1.45	Menor 8/10	Menor crecimiento de conidios.
	R2	Verde claro	1.6	Menor 6/10	Micelio más claro y no tan apreciado con respecto al control.

ANEXO H

ANEXO H. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR HUMEDAD DE LOS GRANOS

El método de secado en estufa: se calcula por diferencia entre el peso original de la muestra (peso húmedo) y el peso del secado en la estufa (peso seco). Por lo tanto:

$$\% \text{humedad (base húmeda)} = \frac{A}{PH} \times 100$$

En donde:

A= pérdida de agua en granos; la diferencia entre peso húmedo y peso seco.

PH= peso húmedo de la muestra.

El porcentaje de humedad con base en peso seco se calculó a partir del peso de la materia seca y no del peso húmedo original de la muestra.

$$\text{Por lo tanto: \% humedad (base seco)} = \frac{A}{PS} \times 100$$

En donde:

A= pérdida de agua, en granos; la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco.

PS= peso seco de la muestra, en granos.

La ISTA (1993) señala que el contenido de humedad, expresado en porcentaje, se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\frac{(M_2 - M_1) \times 100}{M_2 - M_1}$$

En donde:

M₁= peso en gramos de la caja de aluminio y su tapa

M₂= peso en gramos de la caja, su tapa y el grano entero, antes del secado en la estufa.

M₃= peso en gramos de la caja, su tapa y el grano, después del periodo de secado en la estufa.

Dentro de las características del equipo utilizado se encuentran: Balanza analítica, Estufa de convección y Cajas de aluminio de 5 a 10 cm de diámetro y de 1.5 a 3.0cm de altura.

Procedimiento del secado en estufa a 103°C. La ISTA, señala que para granos de maíz enteros se debe realizar por un periodo de 72 horas.

1. Antes de pesar las cajas se limpian con alcohol y se etiquetan.
2. Se pesa la muestra 5g junto con la caja y tapa metálica.
3. Una vez pesada la caja y la muestra entera, quite la tapa y sobre esta coloque la caja dentro de la estufa, que fue previamente ajustada para mantenerse a 103°C.
4. Se mete a la estufa a 130°C durante 72 horas.
5. Se retiran de la estufa y se guardan en el desecador por 30 a 45 min o hasta que enfríen las cajas y puedan ser pesadas sin ganar humedad.
6. Se pesan las cajas y la tapa junto con las muestras.
7. Se realiza el cálculo correspondiente siguiendo las formulas descritas en el apartado anterior.

Este procedimiento se realizó por duplicado para cada muestra, en caso que la diferencia entre las dos repeticiones sea mayor al 0.2% deberá repetirse la determinación.

Procedimiento del secado en estufa a 130°C. Sigue el mismo procedimiento que anterior, solo que la ISTA, señala que es de cuatro horas para el maíz (ISTA, 1993).

Procedimiento con medidor electrónico. Para este procedimiento se utilizó el medidor de humedad Motomco, modelo 919 que miden la constante dieléctrica. Este estaba previamente calibrado (Moreno, 1996).

1. Se tomó una muestra de 300 g de granos
2. Se vertió en el medidor de humedad
3. Se esperó unos minutos y se obtuvo el cálculo del porcentaje de humedad.

Este procedimiento se realizó por duplicado y se calculó la media.



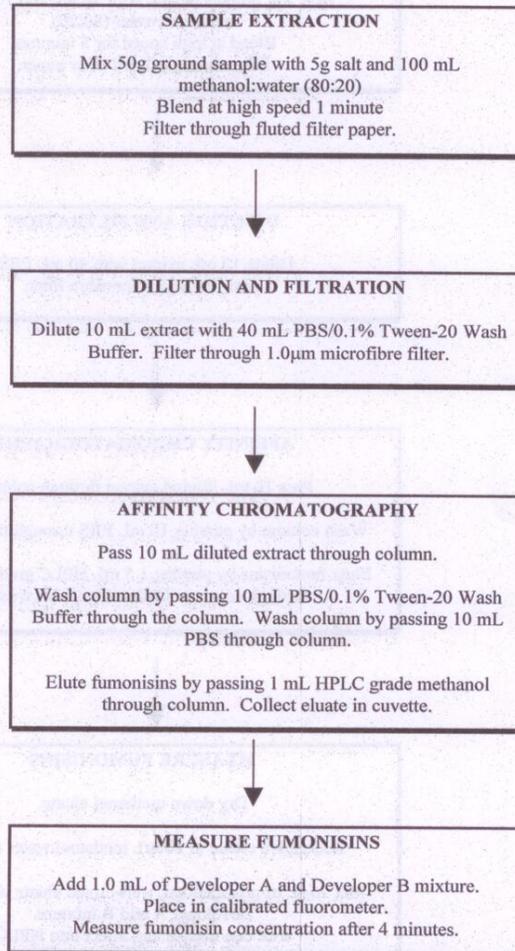
Figura H.1. Proceso prueba de humedad (Elaboración propia, 2012)

ANEXO I

ANEXO I. METODOLOGÍA PARA DETECTAR FUMONISINAS

FumoniTest™

1.7 FUMONITEST™ FLUOROMETER PROCEDURE OVERVIEW



ANEXO J

ANEXO J. PREPARACIÓN MEDIOS DE CULTIVOS PDA Y MSA

Preparación para la identificación de especies de *Fusarium*:

Material empleado: Alcohol polivinilo, Lacto fenol con azul de algodón, Porta objetos, Aguja de disección, Cubre objetos.

Medio de montaje:

Seleccionar la muestra, después vierto una gota de cada medio del montaje en los porta objetos, se raspa con la aguja de disección la muestra (micelio) sin llevarse el medio de cultivo, se vierte la muestra en el porta objetos, se cubre con el cubre objetos y se llevan al microscopio para determinar las características de micromorfología.

Preparación de medio de cultivos

AGAR PAPA DEXTROSA (PDA)

Este medio de cultivo permite la observación del género *Fusarium spp.*

Papa 200g

Dextrosa 10g

Agar 20g

Agua destilada 1000 mL

Pelar y cortar las papas en trozos pequeño. Disolver la dextrosa en agua y agregar lo demás ingredientes. Hervir 30 minutos y filtrar con gasa. Esterilizar en autoclave por 20 minutos a 120°C a 15 libras de presión.

MALTA SAL AGAR (MSA)

Este medio de cultivo permite la identificación de *Aspergillus spp.*

Malta 20g

Agar 20g

Sal 60g (cloruro de sodio)

Agua destilada 1000 mL

Se pesan todo los ingredientes, posteriormente se agregan en un matraz de 500 mL, se le agrega el agua destilada para que se afore, después se lleva a 20 minutos en la autoclave a 120°C a 15 libras de presión.

ANEXO K

ANEXO K. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

Obtención del pericarpio. Para la obtención del pericarpio; se seleccionaron tres granos, se miden su ancho, largo y espesor, posteriormente se pesan en una balanza digital y se introducen en un vaso de precipitado con 100 mL de agua a 75 °C 2 °C durante 15 min; enseguida, se efectúa la separación de pericarpio, de cada uno de los granos con un bisturí, colocándolos en cajas de acrílico, y finalmente se obtiene el grosor del pericarpio mediante un vernier manual, la medida obtenida fue de 0.07 mm.

Obtención de los espectros de reflectancia. Para obtener el espectro de reflectancia de los granos y del material, se utilizó un espectrofotómetro UV-Vis con esfera integrado (Shimade UV-260) el rango de longitud de onda evaluado fue de 190 a 600 nm. Los gráficos obtenidos por el espectrofotómetro UV-Vis se presentan en las siguientes figuras:

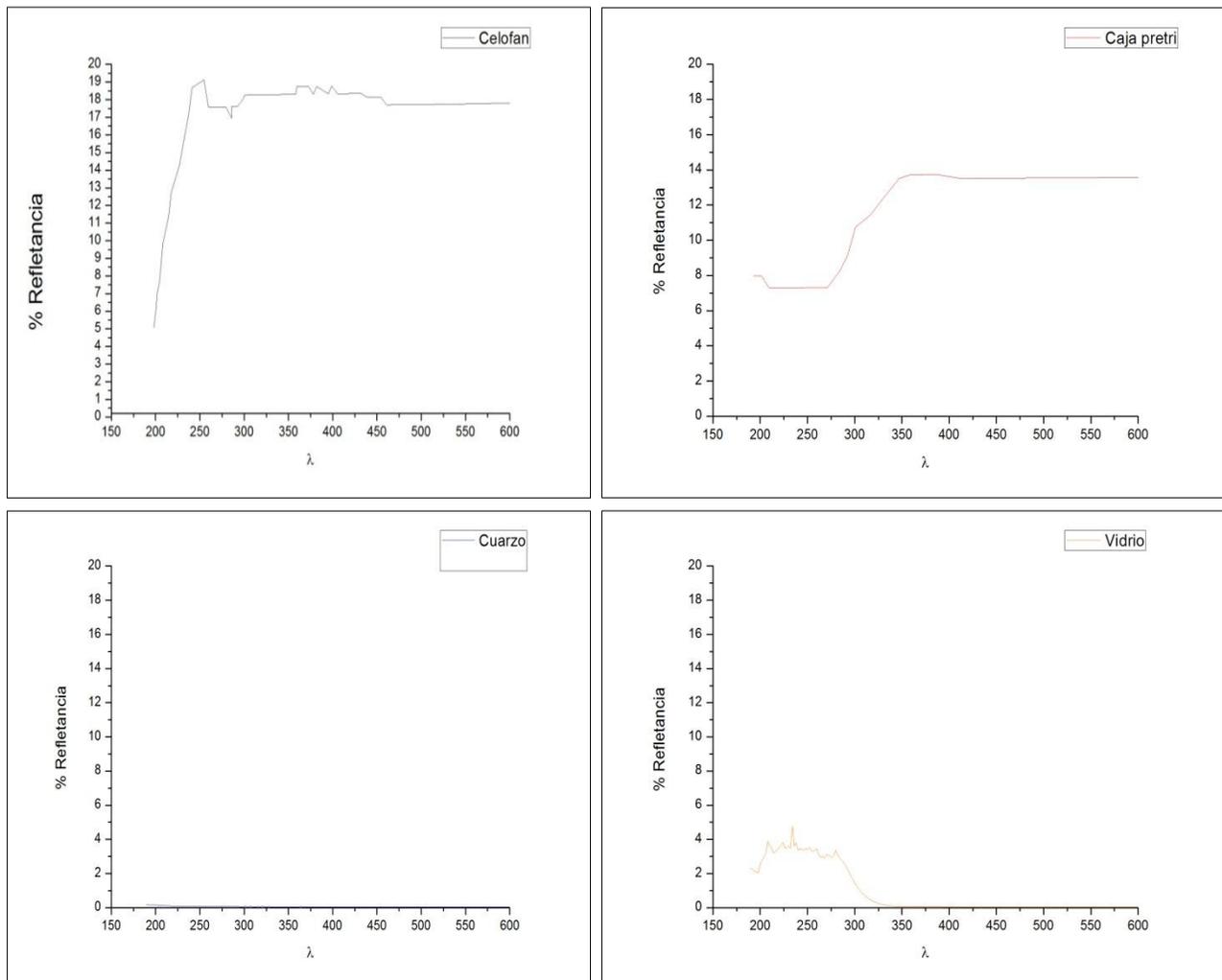


Figura L.1 Espectros de reflectancia obtenidos por la UV-Vis para celofán, caja Petri, cuarzo y vidrio (Elaboración propia, 2012)

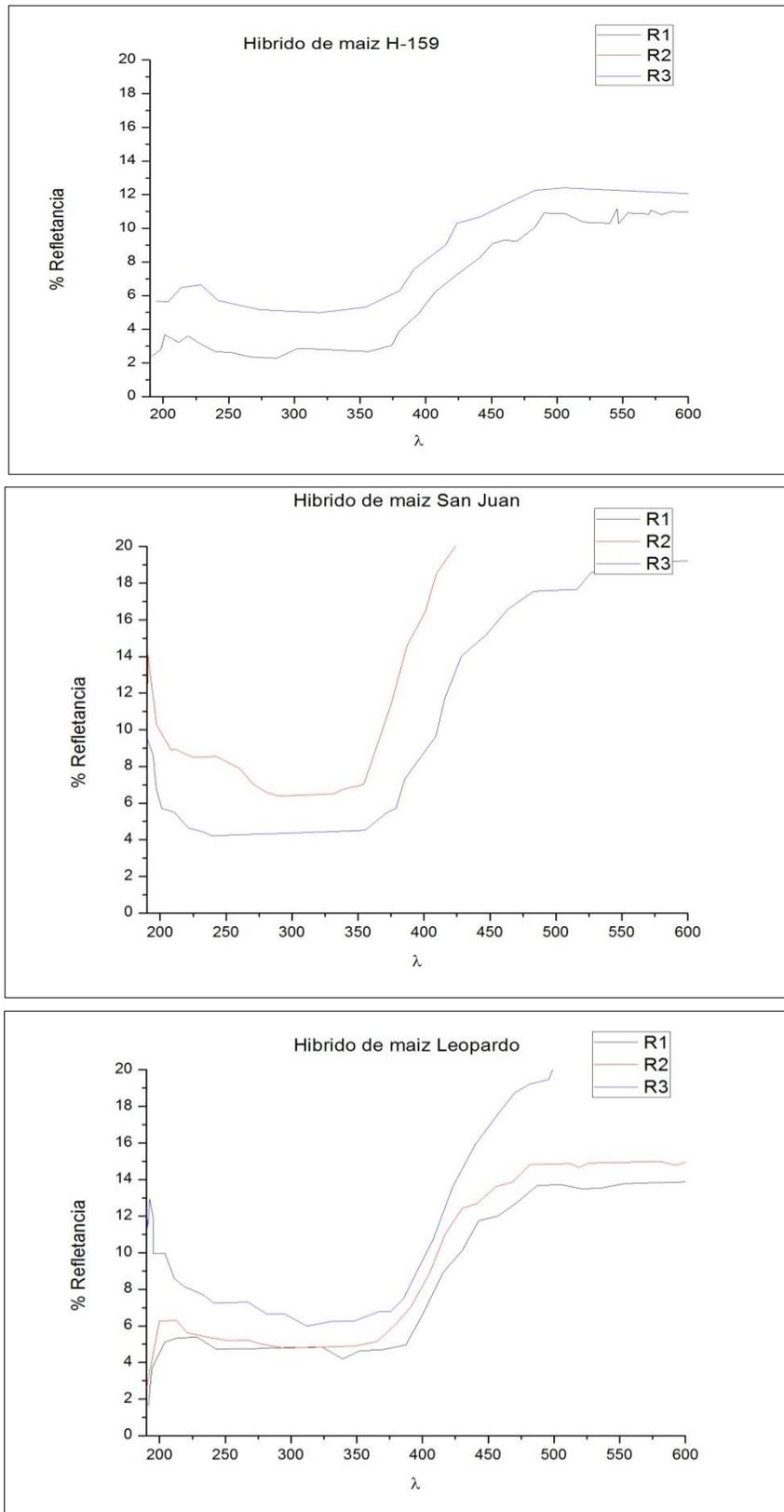


Figura L.2 Espectros de reflectancia obtenidos por la UV-Vis para los híbrido de maíz usados en la investigación experimental (Elaboración propia, 2012)

ANEXO I

ANEXO L. APORTACIONES CIENTIFICAS
COMPROBANTES

**SOCIEDAD MEXICANA
DE FITOPATOLOGÍA A.C.**

**XXXVII Congreso Nacional/ XII Internacional
de la Sociedad Mexicana de Fitopatología**

Otorga la Presente
CONSTANCIA
A: Liliana Rodríguez Páez

Por su participación
Con la Presentación: LUZ UV-C PARA CONTROL DE *Fusarium* spp. EN GRANOS DE MAÍZ
(Zea mays L.).

Graciela Ávila Quezada
**Dra. Graciela Ávila Quezada
Presidenta**

Raul Díaz Plaza
**Dr. Raul Díaz Plaza
Comité de Organización Local**

4 - 8 de Julio de 2010, Mérida, Yucatán.

CNEA'2011

IV Conferencia Internacional
de Electromagnetismo Aplicado

Certificado

Al autor(es):

*Elizabeth Isaac Aleman, Claudia Hernández Aguilar,
Flavio Arturo Domínguez-Pacheco, Alfredo Cruz-Orea,
Carmen L. Rodríguez Paez, Ricardo Rico Molina,
Doricela Gutiérrez Cruz*

Por su participación en la **IV Conferencia Internacional
de Electromagnetismo Aplicado** con la ponencia:

*Evaluación de la actividad fotosintética de plántulas
de Zea mays L. provenientes de semillas tratadas con
campo electromagnético.*

Dado en Santiago de Cuba,
a los 18 días del mes de Marzo de 2011
"Año 53 de la Revolución"

José Joaquín Tristán Moncada
Presidente del Comité Organizador



*La Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. y el
Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala*

extienden la Presente

Constancia

Liliana Rodríguez-Páez

Por su participación en la presentación del Cartel:

a

MICROBIOTA DE GRANOS DE MAÍZ (Zea mays L.) EMPLEADOS PARA ELABORAR TORTILLA EN LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO [Mycobiota maize (Zea mays L.) used to develop tortilla in the Gustavo A. Madero]. Liliana Rodríguez-Páez, María Cristina Pérez- Reyes, Claudia Hernández-Aguilar1, Arturo Domínguez-Pacheco1.

**XIII CONGRESO INTERNACIONAL Y
XXXVIII CONGRESO NACIONAL DE FITOPATOLOGÍA**

*Celebrados del 24 al 28 de Julio de 2011
en la ciudad de Tlaxcala, Tlaxcala, México*

Dr. Noé Montes García

PRESIDENTE DE LA S.M.F.F.

Dr. Victor Santiago Santiago

PRESIDENTE DEL COMITÉ ORGANIZADOR LOCAL



SEMO MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA, A.C.





Congreso Internacional de Inocuidad Alimentaria



Se otorga la presente

Constancia

a:

Rodríguez Páez L., Hernández Aguilar C., Pérez Reyes C., Rico Molina R., Domínguez Pacheco A., Gastélum Ferro W.K.

Por su participación en el "Congreso Internacional de Inocuidad Alimentaria 2011" con su trabajo titulado "IRRADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN EL CONTROL DE MICROBIOTA NATURAL DE GRANOS DE MAÍZ *Zea Mays* L.) EMPLEADOS PARA ELABORAR TORTILLAS", evento que se llevó a cabo del 5 al 7 de Octubre del presente año, en el Paraninfo del "Ateneo Fuente" de la ciudad de Satillo, Coahuila.

Dr. Cristóbal Néé Aguilar
Presidente del Congreso Internacional de Inocuidad Alimentaria 2011



Dr. Raúl Reunguez Herrera
Presidente del Comité Científico



Full Length Research Paper

Laser light on the mycoflora content in maize seeds

Hernández Aguilar Claudia¹, Rodríguez Páez Carmen Liliana¹, Domínguez- Pacheco Flavio Arturo¹, Hernández Anguiano Ana María³, Cruz-Orea Alfredo² and Carballo Carballo Aquiles³

¹Programa de Ingeniería en Sistemas, SEPI-ESIME- Zacatenco, México.

²Departamento de Física, CINVESTAV, Instituto Politécnico Nacional, D. F., México.

³Programa de Semillas, Colegio de Postgraduados, Edo. de México, México.

Accepted 22 July, 2011

Laser light has many applications in agriculture, but there is still much work to provide scientific evidence of its potential use as an alternative for the control of diseases originating in the seed, especially for fungi that are internal. In this study, we investigated the effects of low intensity laser irradiation on the mycoflora content in maize seeds. Five irradiation times (30, 60, 180, 300 and 600 s) and two intensity levels ($I_1 = 16.3$ e and $I_2 = 4.6$ mW/cm²) were applied by using a diode laser ($\lambda = 655$ nm and power of 27.4 mW). Consequently, the laser irradiation significantly diminished the quantity of seeds infected with *Fusarium* spp. fungi. The combination of I_1 and I_2 , at 5 min of irradiation time, diminished ($p \leq 0.05$) the quantity of infected seeds with *Fusarium* spp. up to 61.11% when compared with the control seed (no irradiation). From these results, we concluded that low intensity laser irradiation could be an alternative method to control seed transmitted diseases in maize seed.

Key words: *Zea mays* L., diode laser, low intensity laser, fungi, *Fusarium*.

INTRODUCTION

The global warming phenomenon has produced changes in the abiotic and biotic environmental factors; as such, these changes have been seen in different agricultural production regions in the world causing changes in plant and at the same time altering the yield and crop production (Parry et al., 2007). Plants undergo stress such as drought, rain, thermal stresses, wind, mechanical contact, pricking by insects, wounds inflicted by phytophages and infection by pathogens (Tafforeau et al., 2004). Among the pathogens that cause losses in crops are fungi (Oerke, 2006). Fungal diseases are controlled by crop rotation and avoiding the spread of infested soil and pathogen-carrying plant materials, breeding of fungus-resistant cultivars of crops, and the application of agrochemicals (Cornelissen and Melchers, 1993). In the case of agrochemicals, they are less suitable to be used as it degrades land, environment, and therefore the human

and animal food (Vasilevski, 2003). Thus, it is important to investigate the use of sustainable methods, such as physical methods in this century.

Various physical methods have been used in agriculture for seed treatment such as: Electric field (Moon and Chung, 2000; Nechitailo and Gordeev, 2004), electromagnetic field (Galland and Pazur, 2005; Hernandez et al., 2009a; Dominguez et al., 2010; Zepeda et al., 2010), static magnetic field (Vashisth and Nagarajan, 2008; Carkmak et al., 2010; Aladjadjiyan, 2010) and laser (Aly and Hossam, 2010; Soliman and Harith, 2010; Perveen et al., 2010; Chen et al., 2010; Hernandez et al., 2009b, 2010). In the case of laser, light is applied in agriculture for biostimulation processes depending on the irradiation parameters (positive, negative and zero) in some variables assessed in different phenological stages. The scientific evidence presented by various authors in the world provide the possibility of accelerating the maturity of plants that makes them precocious; increase their resistance to disease; influence alpha-amylase activity and the concentration of free radicals in the seeds of several plants that could deactivate seed dormancy;

*Corresponding author. E-mail: clauhaj@yahoo.com. Tel: 5729600 Ext 54581.

Acta Agrophysica, 2011, 18(2), 375-388

CONTROL OF NATURAL MYCOBIOTA IN MAIZE GRAINS BY ULTRAVIOLET (UVC) IRRADIATION

*Carmen Liliana Rodríguez Páez¹, María Cristina Pérez Reyes²,
Claudia Hernández Aguilar¹, Flavio Arturo Domínguez Pacheco¹,
Ernesto Moreno Martínez², Alfredo Cruz Orea³, José Luis López Bonilla¹*

¹Instituto Politécnico Nacional, SEPI-ESIME, Zacatenco, Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Unidad Profesional, Colonia Lindavista, Delegación Gustavo A. Madero, México, D.F. C.P. 07738

²Unidad de Investigación en Granos y Semillas FESC, UNAM

³Departamento de Física, Cinvestav-IPN, AP-14 740, Mexico D.F. CP 07360, Mexico
e-mail: carmenlilianapa@hotmail.com

Abstract. The effect of UV-C light as a means of control of natural mycobiota of grains of maize (*Zea mays* L.) hybrids “San Juan” and “H-159” (productive cycle, 2009) was investigated. UV-C lamps of 15 W were used and the exposure times applied were 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 min. The experiment was established in the randomised complete block design with eight and four replicates. The unit pilot was 50 grains. For the determination of mycobiota the agar plate test was used, after disinfection of the grains with sodium hypochlorite diluted to 3% for 1 min. Differences ($P \leq 0.001$, $P \leq 0.05$) between treatments were found, the best treatments being those of 30 and 10 min, observing reductions of 42.85 and 52.05% in the number of grains infected with *Fusarium* spp. with respect to control for “San Juan” and “H-159”, respectively. For *Fusarium moniliforme* it was found that in 30 min there was a reduction of 53.74% for the hybrid “San Juan”, while for H-159 a reduction of 61.7% in 10 minutes was observed. These results show that UV-C radiation may be useful for application as a germicide in future experiments on a wide variety of grains.

Key words: *Zea mays*, ultraviolet radiation, maize grain, fungi, mycobiota

INTRODUCTION

Climate change has potential effects on yields and quality of food crops, food security being a very important issue worldwide (Magan *et al.* 2011, IPCC 2007), especially from the perspective of fungi control. Various strategies for control of fungi have been used in agriculture, for example crop rotation and avoiding the spread of infested soil and pathogen-carrying plant materials, breeding of fungus-resistant cultivars of crops, and the application of agrochemicals (Cornelissen and Melchers 1993). Initially, agrochemicals provided beneficial