

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS
AMBIENTALES EN EL DEPARTAMENTO DE
PROTECCIÓN VEGETAL DEL INIA
(NORMA UNE 150008)**

Pablo Miguel Aller Morán

Trabajo de Fin de Máster (TFM)

**Master en Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio
Ambiente**

Universidad de Valladolid

Agosto de 2013

ÍNDICE

PARTE 1: DATOS PREVIOS	3
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. PRESENTACIÓN Y OBJETO DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER.....	3
3. MARCO NORMATIVO Y METODOLOGÍA	4
3.1 Marco normativo	4
3.2 Metodología	8
PARTE 2: ESTUDIO	9
4. DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL DEL INIA: DATOS GENERALES Y ACTIVIDAD.....	9
4.1 INIA	9
4.2 Departamento de Protección Vegetal.....	10
5. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL DEL INIA	11
5.1 Equipo humano y organigrama.....	11
5.2 Plano de las instalaciones	13
5.3 Equipos, materias primas y residuos.....	16
5.4 Actividades (Proceso investigador)	19
6. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO MEDIOAMBIENTAL Y SOCIO-ECONÓMICO	21
6.1 Localización	21
6.2 Clima.....	22
6.3 Hidrología y suelos	22
6.4 Atmósfera.....	23
6.5 Vegetación	23
6.6 Fauna	23
6.7 Medio socioeconómico	24
7. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, SUCESOS INICIADORES Y CONSECUENCIAS: FORMULACIÓN DE ESCENARIOS	26
8. ESTIMACIÓN DE RIESGOS.....	29
8.1 Criterios de puntuación.....	29
8.2 Evaluación de los escenarios identificados	32
9. EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL.....	44
10. MEDIDAS CORRECTORAS (GESTIÓN DEL RIESGO)	47
PARTE 3: CONCLUSIONES	48
11. CONCLUSIONES FINALES.....	48
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS	51

PARTE 1: DATOS PREVIOS

1. INTRODUCCIÓN

- Motivo del trabajo: Análisis y evaluación de riesgos ambientales en el Departamento de Protección Vegetal del INIA. Aplicación de la norma UNE 150008.
- Lugar de realización: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Crta. de la Coruña, km 7,5 - 28040 Madrid (España).
- Tutor de la empresa: Antonieta de Cal y Cortina; Directora del Departamento de Protección Vegetal del INIA.
- Tutor de la UVA: Pedro Antonio García Encina; Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Universidad de Valladolid.

2. PRESENTACIÓN Y OBJETO DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

El principal objetivo de este Trabajo de Fin Máster (TFM) es el desarrollo de un Análisis y Evaluación de Riesgos Ambientales del Departamento de Protección Vegetal del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

El Análisis y Evaluación de Riesgos Ambientales es una herramienta que permite determinar la probabilidad y consecuencias de que se produzca un daño medio ambiental determinado por causa de sucesos imprevistos en las instalaciones afectadas. Su objetivo es analizar el riesgo de la organización (a partir del peligro asociado a sustancias, procesos, etc.), llegando a una serie de resultados que permitan la posterior toma de decisiones (como por ejemplo asumir una serie de medidas correctoras).

El fin último de esta herramienta es cumplir con la Ley 26/2007, de 23 de Octubre, de Responsabilidad Medioambiental y con el Real Decreto(RD) 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007 (explicadas en el apartado 2 del presente trabajo).

La metodología desarrollada a lo largo de este análisis ha sido la definida en la norma UNE 150008 (detallada también en el apartado 2).

3. MARCO NORMATIVO Y METODOLOGÍA

3.1 Marco normativo

- **Ley 26/2007, de 23 de Octubre, de Responsabilidad Medioambiental:** transpone la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales. Esta Ley, de acuerdo con su artículo primero, regula la responsabilidad de los operadores de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales de acuerdo con el artículo 45 de la Constitución y con los principios de prevención orientados a “quien contamina paga”.
- **RD 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007:** establece pautas para la elaboración de los informes de riesgos medioambientales potenciales, que deben incluir al menos las siguientes informaciones:
 - a) la caracterización del entorno donde se ubica la instalación
 - b) la identificación de los agentes causantes de los daños y de los recursos y servicios afectados
 - c) la extensión, intensidad y temporalidad del daño
 - d) una evaluación de la significatividad del daño
 - e) la identificación de las medidas de reparación primaria

Así pues, de acuerdo con las directrices del Reglamento, en los informes de riesgos ambientales se determinan y comparan los posibles escenarios de riesgo medioambiental de las instalaciones teniendo en cuenta su probabilidad de

ocurrencia y el potencial daño al entorno susceptible de afectación medido en términos de su extensión, intensidad y temporalidad.

El concepto de significatividad del daño está descrito en el capítulo II del Reglamento y se asocia a la materialización de alguno de los riesgos potenciales de forma que si se produce un escenario de riesgo cuyo daño es significativo deben emprenderse las actividades que se determine de reparación primaria (reparación para que el entorno afectado se recupere al estado básico o anterior al hipotético riesgo descrito), compensatoria (que tiene en cuenta la temporalidad de las pérdidas provisionales de recursos o servicios) y complementaria (alternativa a recursos y servicios que no puedan restituirse finalmente al estado básico).

Asimismo, el citado Reglamento establece que el análisis de riesgos medioambientales será realizado siguiendo el esquema establecido por la norma UNE 150008:2008 u otras normas equivalentes y es en este punto donde las directrices del Reglamento se ven complementadas con las pautas detalladas en la Norma. En la Norma se proponen pautas de actuación tanto para la elaboración de los informes de análisis de riesgos medioambientales como para la toma de decisiones a través de su evaluación y gestión posterior.

- **UNE 150008¹** : Esta norma tiene por objeto principal describir el método para i) analizar y ii) evaluar el riesgo ambiental, así como establecer las bases para una iii) gestión eficaz del mismo y facilitar la toma de decisiones en esta materia, en el ámbito de las empresas, administraciones públicas y otras organizaciones. Así pues la norma sirve de referencia para la elaboración de informes, análisis y evaluaciones del riesgo ambiental en las fases de diseño, construcción, puesta en marcha, operación o explotación, así como para el desmantelamiento o demolición de la instalación.

¹ *Análisis y evaluación de riesgos ambientales. UNE 150008:2008. AENOR. Madrid, 2008.*

Es aplicable a emplazamientos, actividades y organizaciones de cualquier naturaleza y sector productivo, considerados tanto en su conjunto como por unidades de proceso o líneas de negocio individualizadas. Por otra parte, la norma se aplica tanto a emplazamientos concretos como a actividades con múltiples centros o ubicaciones multi-sitio, siempre y cuando entre estos exista un nexo evidente desde el punto de vista de su organización, objeto y unidad de negocio.

En cuanto al i) análisis de riesgos, la norma propone la siguiente metodología (figura 1).

Figura 1. Esquema de análisis de riesgos ambientales.



- Determinación de los **peligros y sus causas** mediante un análisis sistemático de las actividades e instalaciones (almacenamientos, procesos e instalaciones productivas, y auxiliares), la realización de estudios de comportamiento humano (estructura de organización, disponibilidad de sistemas de gestión) así como la consideración de elementos externos a la instalación con influencia en los posibles peligros que puedan acaecer (agentes naturales, modalidades de infraestructuras y suministros o características de instalaciones vecinas).
- Identificación de **sucesos iniciadores**, definidos como sucesos que si acontecen podrán dar lugar a un escenario de accidente de mayores o menores consecuencias dependiendo de las medidas de atenuación disponibles en las propias instalaciones del operador y de una serie de factores condicionantes de la fragilidad del entorno. Tras ello deben estimarse las **probabilidades de ocurrencia** de los mismos.

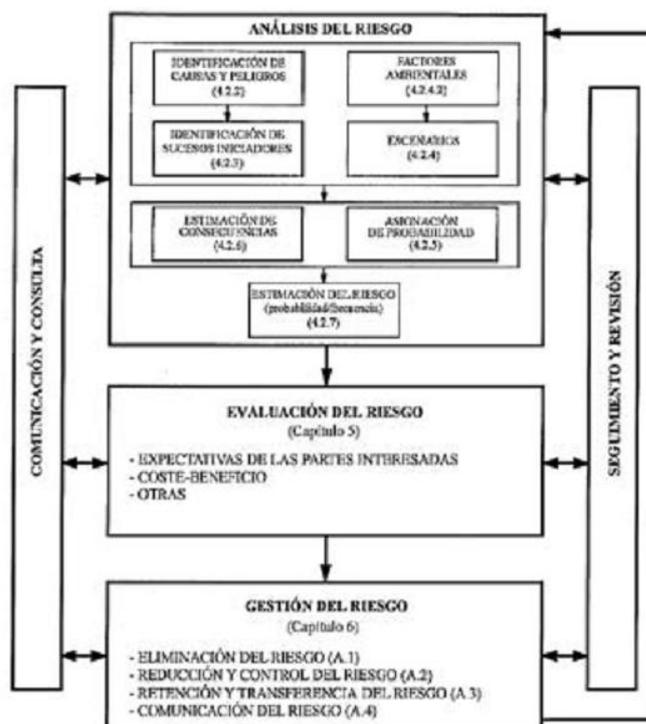
- Definición de una secuencia de alternativas posibles que, con una probabilidad conocida, puedan dan lugar a **distintos escenarios de accidente**. Tras ello se procederá a la **estimación de consecuencias** de dichos escenarios a nivel de medio físico, medio biótico y medio humano y socioeconómico.
- Por último elaborar una **estimación de riesgos ambientales**: resultado de una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas del mismo sobre el entorno natural, humano y socioeconómico. Habitualmente esta función toma la forma del siguiente producto:

$$\text{Riesgo} = \text{Consecuencias} \times \text{Probabilidad (o Frecuencia)}.$$

La ii) evaluación de riesgos es el proceso que sigue al análisis de riesgos, y en él la organización emite un juicio sobre la tolerabilidad del riesgo y por tanto de su aceptabilidad. Por último la iii) gestión de riesgos implica la toma de decisiones y puesta en marcha de acciones.

La relación entre el análisis, evaluación y gestión de riesgos se presenta en el esquema que se reproduce en la figura 2.

Figura 2. Esquema de análisis, evaluación y gestión de riesgos medio ambientales.



3.2 Metodología

En el presente trabajo se ha utilizado una metodología acorde con los principios expuestos en el RD 2090/2008 y la norma UNE 150008.

El estudio sobre el Departamento de Protección vegetal del INIA (descrito en la parte 2 de este documento), se centra básicamente en el análisis de riesgos, la evaluación del riesgo ambiental y en la propuesta de medidas correctoras (gestión del riesgo).

Así pues el esquema seguido es el siguiente:

- Departamento de Protección Vegetal del INIA: datos generales y actividad.
- Descripción de las instalaciones, organización y actividad del Departamento de Protección Vegetal.
- Descripción del entorno medio ambiental y socioeconómico.
- Identificación de fuentes de peligro, sucesos iniciadores y consecuencias: formulación de escenarios.
- Estimación de riesgos ambientales.
- Evaluación del riesgo ambiental de los escenarios identificados.
- Elaboración de medidas correctoras (gestión del riesgo).

Durante la fase de preparación del TFM, se realizaron distintas visitas a las instalaciones estudiadas y entrevistas con el personal trabajando en las mismas. Ha de mencionarse que se contó en todo momento con la ayuda y colaboración de la tutora de empresa: Antonieta de Cal y Cortina, Directora del Departamento de Protección Vegetal del INIA.

PARTE 2: ESTUDIO

4. DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL DEL INIA: DATOS

GENERALES Y ACTIVIDAD

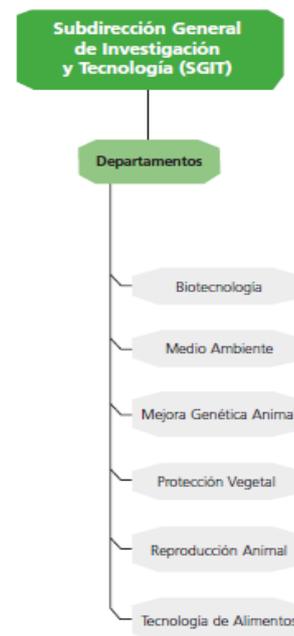
4.1 INIA

El Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) es un Organismo Público de Investigación (OPI), de carácter autónomo, adscrito a la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad. Se encuentra en ctra. de La Coruña Km. 7,5; 28040 Madrid (España) y cuenta con 523 trabajadores: 161 en tareas administrativas y 362 en investigación.

Figura 3. Departamentos de la Subdirección General de Investigación y tecnología del INIA

Sus objetivos son la programación, coordinación, asignación de recursos, seguimiento y evaluación de actividades de investigación científica y técnica en materia agraria y alimentaria, así como la ejecución de las funciones de investigación y desarrollo tecnológico, incluyendo las de transferencia tecnológica en el mismo ámbito.

Respecto a su estructura, el INIA cuenta con tres Subdirecciones Generales: Secretaría General, Subdirección General de Prospectiva y Coordinación de Programas y de la Subdirección General de Investigación y Tecnología. Tanto la Secretaría General como la Subdirección General de Prospectiva y Coordinación de Programas están organizadas en diferentes Áreas, Servicios, Secciones y Negociados para el mejor cumplimiento de sus fines. Asimismo, la Subdirección General de Investigación y



Tecnología tiene idéntica estructura, si bien están agrupados en Centros y Departamentos, división que obedece a la existencia de las diferentes funciones investigadoras que desarrolla cada uno de ellos.

Por otro lado el INIA cuenta con un Servicio de Prevención de Riesgos Laborales y un Plan implementado de prevención de riesgos laborales, además de un protocolo de gestión de residuos (que son recogidos por una empresa externa contratada). Actualmente no tiene implantado un sistema de gestión ambiental, aunque sigue los principios en política medioambiental de la administración, tratando de favorecer la eco-eficiencia y las iniciativas orientadas a minimizar el impacto ambiental.

4.2 Departamento de Protección Vegetal

Dentro de la Subdirección General de Investigación y Tecnología se encuentra el Departamento de Protección Vegetal². El departamento se dedica al estudio y control de los enemigos de los cultivos, realizando actividades de investigación en los campos de la entomología agroforestal, estudio de malas hierbas, patologías vegetales y virus de plantas. Cuenta con 36 empleados.

El departamento está estructurado en cuatro grupos de investigación diferenciados:

- Entomología agroforestal: El principal objetivo es la búsqueda de herramientas para un control sostenible de plagas en cultivos mediterráneos.
- Malherbología: estudia procesos derivados del control químico de las malas hierbas como control de especies invasoras, evoluciones de flora y desarrollo de resistencias a herbicidas así como su implicación en técnicas de producción integrada.

² Memoria de actividades 2011. INIA. Madrid, 2012.

- Patología vegetal: los objetivos se dirigen a investigar la etiología y epidemiología de las enfermedades para conseguir el control de las mismas, con especial incidencia sobre: la epidemiología y control de enfermedades en plantas; desarrollo de nuevas estrategias de diagnóstico; la mejora de la eficacia de los agentes de biocontrol en el control de enfermedades vegetales y el estudio del efecto ambiental de éstos sobre el ecosistema.
- Virus de plantas: el grupo estudia la epidemiología, la caracterización y las relaciones huésped-parásito de virus, viroides y fitoplasmas que infectan las leguminosas de grano y otras plantas cultivadas, con la finalidad de controlar los daños que producen estas enfermedades.

La información completa sobre el personal, organigrama y actividades del Departamento de Protección Vegetal se encuentra en el capítulo 6 del presente documento.

5. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL DEL INIA

5.1 Equipo humano y organigrama

5.1.1 Equipo humano

En el Dep. de Protección vegetal trabajan 36 personas, distribuidas de la siguiente manera:

- Directora: Antonieta De Cal y Cortina.
- Funcionarios: 10 científicos titulares / 6 tecnólogos / 7 técnicos superiores de investigación.
- Personal contratado: 7 Técnicos superiores en actividades técnicas profesionales.
- Becarios predoctorales: 5.

Este personal se encuentra distribuido a su vez en cuatro grupos de investigación:

- Entomología: 9 personas. Responsable: Manuel González Núñez.
- Malherbología: 9 personas. Responsable: M^a Cristina Chueca Castedo,
- Patología Vegetal: 14 personas. Responsable: Antonieta de Cal y Cortina.
- Virus de plantas: 4 personas. Responsable: Javier Romero Cano.

5.1.2 Organigrama

El Departamento de Protección Vegetal está compuesto por los siguientes órganos de gobierno colegiados o unipersonales:

- Consejo de Departamento
- Director
- Director Adjunto

En el Consejo de Departamento están representados todos los miembros del mismo, siendo por tanto el órgano de participación del personal adscrito al Departamento. Ejercen las funciones de Presidente y Secretario del mismo, el Director y el Director Adjunto del Departamento, respectivamente. Entre sus funciones está i) reconocer el programa científico del Departamento; ii) conocer los cursos de especialización a realizar por el departamento dentro de las materias de su competencia, así como coordinar y supervisar su realización; iii) conocer la participación del Departamento en cursos de especialización o de postgrado organizados por otros centros oficiales o privados; y iv) distribuir entre los distintos grupos de trabajo los recursos disponibles de todo tipo y velar por su óptima utilización para el desarrollo de las actividades.

El Director de Departamento dirige, coordina y supervisa todos los servicios y actividades del Departamento, responsabilizándose de la gestión económica y administrativa del mismo, con independencia de las competencias reservadas a los Investigadores principales en la dirección de sus respectivos proyectos de investigación. Entre sus funciones está i) velar por la correcta ejecución de las actividades científicas y técnicas desarrolladas en el Departamento; ii) dirigir y

supervisar el cumplimiento de las obligaciones por parte del personal del Departamento y proponer al Subdirector General de Investigación y Tecnología las medidas necesarias para resolver los problemas que pudieran producirse; iii) velar para que las instalaciones y medios del Departamento sean las apropiadas para el eficaz desarrollo de las actividades dentro del mismo; iv) velar por el debido acceso y correcto uso de las instalaciones y medios del Departamento por parte de todas las personas que, con conocimiento y, en su caso, autorización, hagan uso de los mismos; v) velar por el correcto cumplimiento de la normativa sobre seguridad, prevención de riesgos laborales e higiene en el trabajo dentro del Departamento; vi) participar e informar en los procesos de contratación de obras, gestión de servicios públicos o suministros, relacionados con el Departamento, de acuerdo con las competencias que puedan serle delegadas; y vi) difundir entre los miembros del Departamento la información de interés sobre cualquier tipo de acción o actividad relacionada con la investigación.

En cuanto a los investigadores principales de cada grupo, es importante destacar que son los responsables de la aplicación de la normativa de prevención de riesgos laborales en las actividades de investigación que lleve a cabo su grupo.

Respecto a la gestión de las instalaciones y actividades del departamento, éste se rige por el marco normativo existente en el INIA. Así pues se aplica el plan de prevención existente, donde existe un manual de actuaciones preventivas a incluir en los procedimientos de los laboratorios que utilicen agentes químicos. También se aplica el protocolo de gestión de residuos (recogidos por una empresa externa). Actualmente el INIA no tiene implantado un sistema de gestión ambiental, aunque sigue los principios en política medioambiental de la administración, tratando de favorecer la eco-eficiencia y las iniciativas orientadas a minimizar el impacto ambiental.

5.2 Plano de las instalaciones

El Departamento de Protección vegetal se encuentra en el ala sur del edificio principal del INIA (figura 5), ocupando la planta baja (figura 6) y semisótano (figura 7) del mismo.

Dentro de ese edificio cuenta con las siguientes instalaciones:

- 11 despachos
- 18 laboratorios (7 entomología/ 8 patología/ 1 virus/ 2 malherbología)
- 3 almacenes (2 entomología/ 1 malherbología)
- 13 cámaras climáticas y de cultivo de vegetales e invertebrados (5 entomología/ 4 malherbología/ 4 patología)

Por otro lado este Departamento tiene, dentro de la finca del INIA, un invernadero climatizado utilizado por los grupos de malherbología y patología vegetal. Este invernadero cuenta con un esterilizador de suelos (figura 8).

Figura 4. Localización del Dep. de Protección vegetal dentro del edificio principal del INIA.



Figura 5. Plano de la planta baja del Dep. de Protección vegetal.

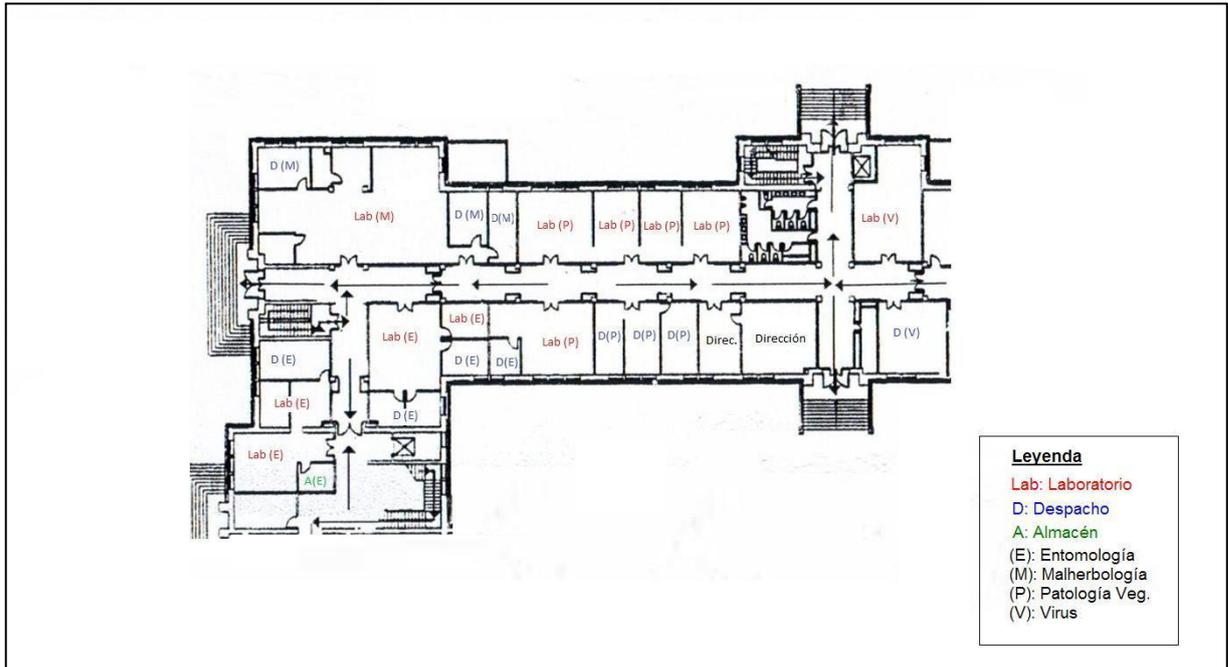


Figura 6. Plano de la planta semisótano del Dep. de Protección vegetal.

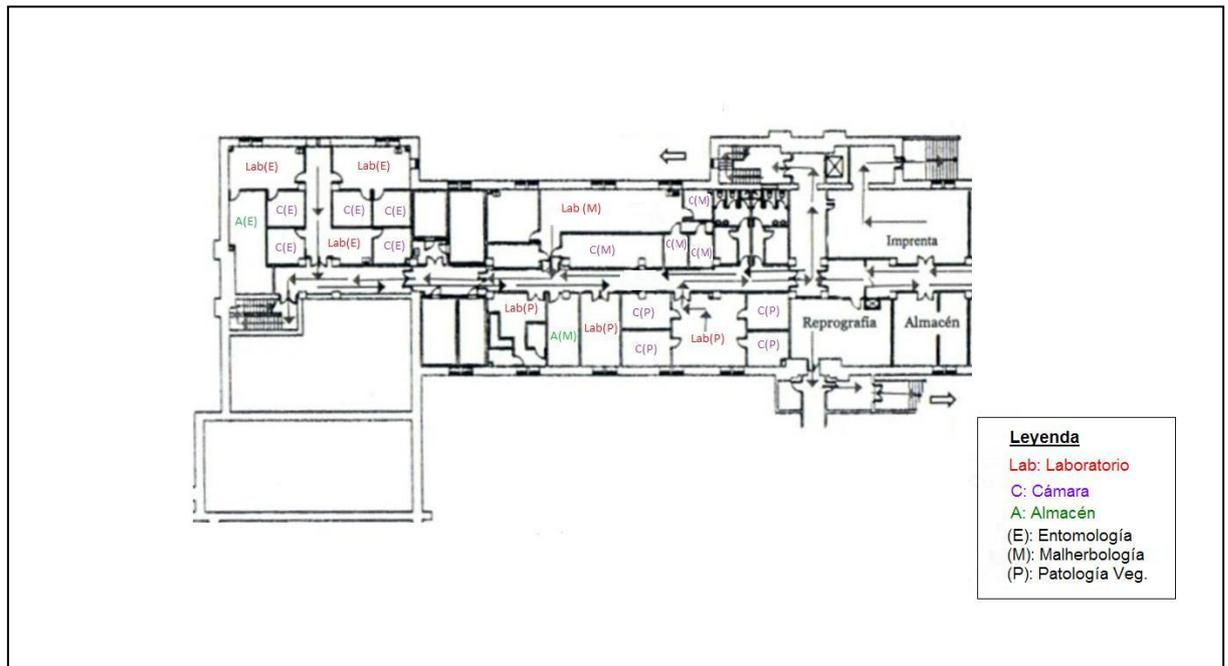
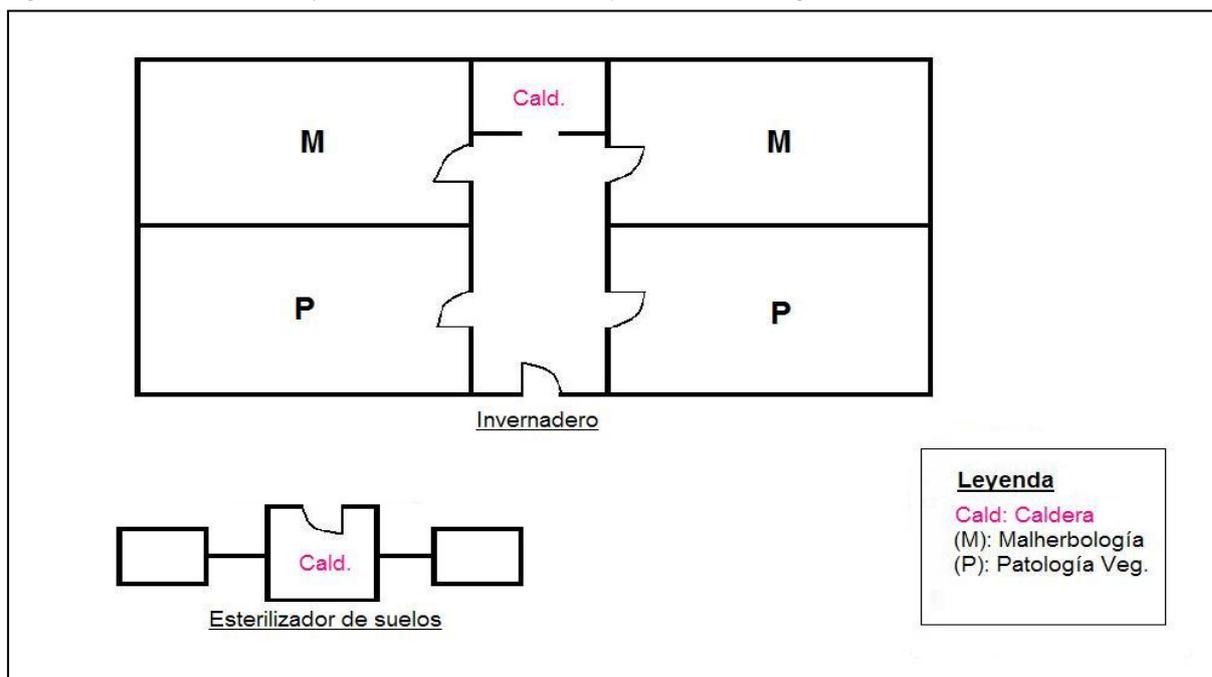


Figura 7. Plano del invernadero y esterilizador de suelos del Dep. de Protección vegetal.



5.3 Equipos, materias primas y residuos

5.3.1 Equipos

Los aparatos usados en los distintos laboratorios en instalaciones del Departamento de Protección vegetal son los siguientes:

- Microscopios: 6 (3 patología/ 2 malherbología/ 1 virus)
- Lupas: 12 (2 patología/ 10 entomología)
- Lectores Elisa (espectrofotómetros): 2 (1 patología/ 1 virus)
- Centrífugas grandes: 2 comunes
- Centrífugas pequeñas: 9 (1 malehernología/ 1 entomología/ 6 patología/ 1 virus)
- PCR (termocicladores): 6 (3 patología/ 1 maleherbología/ 1 entomología/ 1 virus)
- qPCR (termociclador a tiempo real): 1 común
- Autoclaves grandes: 4 (patología)
- Autoclaves pequeños: 2 (patología)

- Agitadores: 7 (6 patología/ 1 malherbología)
- Campanas de extracción de obra: 2 (1 entomología/ 1 malherbología)
- Campanas de extracción de sobremesa: 2 (1 patología/ 1 virología)
- Cámaras de flujo laminar: 7 (1 malherbología/ 6 patología)
- Cámaras de cultivo visitables: 12 (4 patología/ 4 maleherbología/ 4 entomología)
- Cámaras de cultivo no visitables: 8 (3 patología/ 2 entomología/ 2 maleherbología/ 1 virus)
- Congeladores -80°C (para microorganismos): 5 (3 entomología/ 1 maleherbología/ 1 virus)
- Congeladores -20°C: 10 comunes
- Frigoríficos: 25 comunes
- Calderas de invernadero: 1 por invernadero
- Esterilizador de suelos: 1 (con su caldera)
- Material desechable de laboratorio (placas petri, etc)

5.3.2 Materias primas

En los distintos procesos investigadores llevados a cabo en el departamento se utilizan principalmente productos químicos, material vegetal y material orgánico de distinto origen. Los principales productos químicos utilizados son:

- Disolventes halogenados: muy tóxicos, irritantes y en muchos casos cancerígenos (diclorometano, tetracloruro de carbono, bromoformo, tetracloroetileno).
- Disolventes no halogenados: inflamables y tóxicos (alcoholes, aldehidos, cetonas, ésteres, hidrocarburos alifáticos, nitrilos).
- Disoluciones acuosas inorgánicas: básicas (hidróxido sódico), de metales pesados (Ni, Ag, Cd) y otras (sulfatos, fosfatos, cloruros).
- Disoluciones acuosas orgánicas de alta demanda química de oxígeno (DQO): de colorantes (naranja de metilo) y de fijadores orgánicos (formaldehído).

- Ácidos: pueden producir reacciones químicas peligrosas con desprendimiento de gases tóxicos y aumento de temperatura.
- Aceites minerales: derivados de operaciones de mantenimiento.
- Herbicidas: glifosato.

Al tratarse de un departamento que realiza experimentos en el campo de la agricultura y propiedades vegetales, utiliza diversos sustratos y material vegetales como base de su investigación:

- Cereales (malherbolgía/ entomología)
- Hortícolas (patología)
- Frutales (patología/ entomología)
- Leguminosas (virología)

Por otro lado, en el Departamento se reproduce distinto material orgánico como objeto de investigación:

- Insectos y artrópodos: la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*), el gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*) y el pulgón tigre del almendro (*Monosteira unicastata*).
- Hongos, bacterias y virus: endémicos y de cuarentena (alóctonos y peligrosos).
- Plantas y malas hierbas (semillas)

5.3.3 Residuos

En el Departamento de Protección Vegetal los residuos resultantes de su actividad investigadora son recogidos por una empresa externa contratada por el INIA. Esta empresa recoge los residuos de manera selectiva, así pues en el Departamento se clasifican y recogen los desechos en distintos contenedores y bidones correctamente etiquetados (segregación de origen), de acuerdo a los criterios preestablecidos en su protocolo de gestión de residuos.

Los residuos químicos se clasifican en los siguientes grupos:

- Grupo I: Disolventes halogenados
- Grupos II: Disolventes no halogenados
- Grupo III: Soluciones acuosas
- Grupo IV: Ácidos
- Grupo V: Aceites

Los residuos biológicos son clasificados de la siguiente manera:

- No peligrosos (sólidos y líquidos)
- Bio-peligrosos: cultivos microbiológicos e instrumental contaminado (placas Petri).

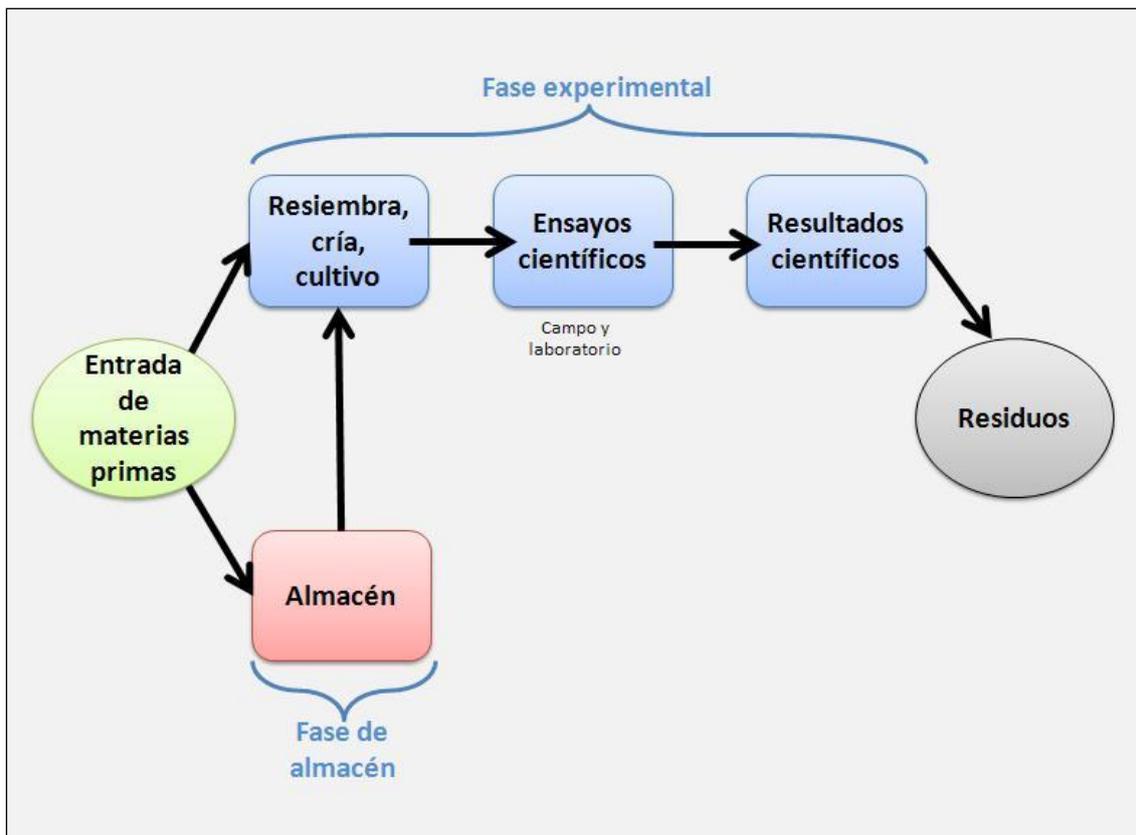
El resto de residuos se pueden agrupar en:

- Sólidos inorgánicos no peligrosos
- Vidrio contaminado
- Filtros de campanas (recogidos por la casa proveedora)
- Líquidos no peligrosos desaguados por la red convencional directamente al río Manzanares

5.4 Actividades (Proceso investigador)

Al tratarse de un centro de investigación científica, hablamos de un proceso investigador en vez de productivo. Los procesos investigadores gozan de unas características especiales, pues no siguen al pie de la letra el clásico flujo materia prima-trasformación-producto. Se podrían definir de la siguiente manera (figura 9):

Figura 8. Modelo de proceso investigador en el Departamento de Protección vegetal



Los procesos investigadores llevados a cabo el Departamento varían en función del grupo de investigación que los dirija. Son los siguientes:

- Entomología: estudio de plagas de la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*), el gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*) y el pulgón tigre del almendro (*Monosteira unicastata*) sobre cultivos mediterráneos. El proceso investigador tiene dos escenarios principales: las cámaras de cultivo de los insectos y artrópodos y los laboratorios.
- Malherbología: estudio de herbicidas (glifosato) sobre las poblaciones de malas hierbas. El proceso investigador tiene tres escenarios principales: las cámaras de cultivo de plantas, los laboratorios y el invernadero.
- Patología Vegetal y Virus de plantas: estudio de los efectos sobre los cultivos de diversos hongos, bacterias y virus tanto endémicos como de cuarentena (alóctonos y peligrosos).

6. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO MEDIOAMBIENTAL Y SOCIO-ECONÓMICO

6.1 Localización

El Departamento de Protección vegetal se encuentra en el edificio principal del INIA, localizado en una finca de importante valor natural en el km 7,5 de la en ctra. de La Coruña, salida noroeste de Madrid.

Esta finca está delimitada al este por la presencia del cauce del río Manzanares y la autovía A6 y al oeste por el Club de Campo Villa de Madrid, (instalaciones deportivas con campos de golf, piscinas y club hípico).

Figura 9. Localización y entorno natural de la finca y edificio principal del INIA.



6.2 Clima

La zona de estudio (área norte de la ciudad de Madrid, Puerta de Hierro)³ está caracterizada climatológicamente por pertenecer al clima mediterráneo continental. Se sitúa en torno a la cota 570 m.s.n.m y, por tanto, queda incluida en el clima tipo mediterráneo cálido y seco. Pueden existir heladas entre octubre y abril. Las lluvias se concentran en los periodos de noviembre-enero y de abril-mayo.

Hay que tener en cuenta que la propia actividad humana que se da en el casco urbano de la capital provoca un efecto que se conoce como “isla de calor”.

6.3 Hidrología y suelos

La zona de actuación se encuentra contigua al cauce del río Manzanares, y por lo tanto dentro de la cuenca hidrográfica del mismo, afluente por la derecha del Jarama que, a su vez, es tributario del Tajo. Este río, que discurre íntegramente por la Comunidad de Madrid, nace en la Sierra de Guadarrama, en el Ventisquero de la Condesa y pasa por Madrid. Desemboca en Rivas Vaciamadrid, después de un Recorrido total de 92 km.

En este tramo el Manzanares va cargado habitualmente con una mezcla de agua del embalse del Pardo y de otra reciclada.

El río acoge diferentes ecosistemas y atraviesa zonas de gran valor medioambiental, que han recibido diferentes niveles de protección. Su cuenca alta, desde su nacimiento hasta el Monte de El Pardo, constituye el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, con una superficie de 52.796 ha. Igualmente, su curso bajo también se encuentra protegido. En términos generales, puede afirmarse que el único tramo del río que no se encuentra protegido es el que discurre por el casco urbano de Madrid.

³ *Estudio del impacto ambiental para el proyecto constructivo del campo de golf de nueve hoyos “Buenavista”. Real club de la Puerta de Hierro. ATEFOR S.L. Madrid, 2013.*

Los acuíferos presentes dentro de la unidad hidrogeológica citada son los siguientes: Madrid-Talavera 14

Respecto a la calidad de las aguas, estas se encuentran afectadas por el uso agrícola de la zona de tal manera que presentan rastros de contaminación por nitratos, así como por las actividades industriales, aunque son consideradas aptas en general tanto para su uso en abastecimiento como para riego.

El nivel freático se puede establecer en torno a los 3-4 metros dentro de la superficie de actuación.

En cuanto a los suelos, predominan las arcillas, limos, arenas, margas, calizas y gravas.

6.4 Atmósfera

La estación de medida seleccionada para el análisis de los datos de calidad atmosférica es la denominada "Barrio del Pilar". Como se desprende de los datos provistos por esta estación, se deduce que en términos generales el índice de calidad del aire en la zona estudiada es admisible

6.5 Vegetación

La zona estudiada alberga principalmente pinar de repoblación de gran espesura, con pinos piñoneros (*Pinus pinea*) y sobre todo pinos carrascos (*Pinus halepensis*). En la ribera del Manzanares se pueden encontrar olmos, chopos, fresnos y sauces. A este escaparate arbóreo hay que añadir otras especies más ornamentales, como cedros y cipreses.

6.6 Fauna

El área estudiada es muy cercana a la zona de La Casa de Campo. Por ello cuenta con una vegetación asilvestrada y autóctona lo que, unido a su proximidad al Monte del Pardo favorece

que animales de pequeño y mediano tamaño como culebras, conejos (*Orytolagus cuniculus*), liebres (*Lepus capensis*) y ardillas (*Sciurus vulgaris*), acudan a él en busca de alimento, encontrándose también ejemplares de Cigüeña blanca (*Ciconia ciconia**) y colonias de cotorras argentinas (*Myiopsitta monachus*).

En el río manzanares destacan la carpa común (*Cyprinus carpio*), el percasol (*Lepomis gibbosus*), el carpín (*Carassius auratus*), la tenca (*Tinca tinca*), el barbo (*Barbus barbus*), el pez gato (*Ictalurus melas*) y la gambusia (*Gambusia punctata*).

La fauna existente en el ámbito de estudio está caracterizada por la presencia de especies típicas de zonas urbanas e industriales, adaptadas a los ambientes antrópicos donde abundan las siguientes especies de aves: Paloma bravía (*Columba livia*), Tórtola turca (*Streptopelia decaocto*), Urraca (*Pica pica*), Vencejo común (*Apus apus**), Vencejo pálido (*Apus pallidus*), Golondrina común (*Hirundo rustica**), Avilón común (*Delinchon urbica*), Mirlo común (*Turdus merula*), Grajilla (*Corvus monedula*), Gorrión común (*Passer domesticus*), Jilguero (*Carduelis carduelis*), Estornino negro (*Sturnus unicolor*), Gorrión común (*Passer domesticus*), Gorrión molinero (*Passer montanus*), Verdecillo (*Serinus serinus*) y Ruiseñor común (*Luscinia megarhynchos*).

Las especies marcadas con un asterisco (*) son aves migratorias, cuya presencia se reduce a la época estival.

Ninguna de las especies enumeradas se encuentra incluida en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, ni en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas.

6.7 Medio socioeconómico

Madrid es la capital de España y de la Comunidad de Madrid. Es la ciudad más grande y poblada del país, alcanzando oficialmente y según el padrón de habitantes de 2011 los 3.293.601 habitantes en su municipio, con una densidad de población de 5.389,9 hab/km².

El edificio principal del INIA se encuentra en el distrito Moncloa-Aravaca. En su entorno no existen zonas de viviendas, siendo Aravaca la zona poblada más próxima.

En cuanto a infraestructuras, la autovía A6 delimita el lado norte de la finca donde se encuentra el INIA. En su lado este se sitúa el anillo verde ciclista de Madrid, que en esta zona corre paralelo al río Manzanares. En la finca solo existe una línea aérea de transporte en media tensión de 20 KV, con apoyos sobre estructuras metálicas.

Respecto a las actividades económicas y de servicios cercanas, el lado oeste de la finca del INIA está delimitado por el Club de Campo Villa de Madrid, complejo lúdico deportivo con campos de golf, circuitos hípicas, piscinas, instalaciones deportivas cubiertas y restaurante. A un km al sur del INIA se encuentra una planta depuradora de aguas que vierte al Manzanares. A menos de un km al noreste, se encuentra el Club Deportivo Puerta de Hierro, con piscinas, campo de fútbol e instalaciones deportivas cubiertas.

7. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, SUCESOS INICIADORES Y CONSECUENCIAS: FORMULACIÓN DE ESCENARIOS

A la hora de identificar las fuentes de peligro ambiental presentes en el Departamento de Protección Vegetal se han recurrido a las siguientes herramientas: visitas “in situ” a las instalaciones, entrevistas con el personal empleado y debate y formulación de supuestos con la Directora del Departamento mediante el proceso “what if”.

Tras este proceso se han identificado una serie de fuentes de peligro que se han clasificado en cuatro grandes grupos, según su procedencia:

- Productos químicos
- Productos biológicos
- Equipos e instalaciones
- Fuentes externas: según el estudio del entorno natural y socioeconómico se infiere que no hay peligros provenientes de estas fuentes externas.

Asociadas a cada una de las fuentes de peligro se han inferido sucesos iniciadores y consecuencias sobre el medio, dando lugar a una serie de escenarios de accidente que han sido numerados para su posterior puntuación.

Todos estos datos muestran en las siguientes tablas:

Tabla 1. Escenarios de accidente en el grupo de fuentes de peligro "productos químicos"

	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias	Nº Escenario
PRODUCTOS QUÍMICOS	Disolventes halogenados	Salida por la campana de extracción	Filtros en mal estado	Emisión de gas a la atmósfera	E1
		Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares	E2
	Disolventes no halogenados	Salida por la campana de extracción	Filtros en mal estado	Emisión de gas a la atmósfera	E3
		Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares	E4
		Mala manipulación y explosión	Fallo humano	Emisión de gas a la atmósfera	E5
	Disoluciones acuosas inorgánicas	Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares provocando eutrofización por fosfatos y sulfatos y acumulación de metales pesados	E6
	Disoluciones acuosas orgánicas de alta DQO	Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares provocando anoxia	E7
	Ácidos	Salida por la campana de extracción	Filtros en mal estado	Emisión de gas a la atmósfera	E8
		Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares	E9
	Aceites minerales	Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares	E10
	Herbicida: glifosato	Caída al terreno de la finca en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Muerte de vegetación en la zona de suelo afectada	E11

Tabla 2. Escenarios de accidente en el grupo de fuentes de peligro "productos biológicos"

	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias	Nº Escenario
PRODUCTOS BIOLÓGICOS	Insectos y artrópodos de plaga	Cámara de cría queda abierta	Fallo humano	Salida de organismos al medio	E12
		Organismos se adhieren a la ropa del personal	Fallo humano al sacar la bata fuera del edificio	Salida de organismos al medio	E13
	Hongos de cuarentena	Escape al medio en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Salida de organismos al medio	E14
		Rotura de la cubierta del invernadero	Falta de mantenimiento	Salida de organismos al medio	E15
	Virus de cuarentena	Escape al medio en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Salida de organismos al medio	E16
	Bacterias de cuarentena	Escape al medio en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Salida de organismos al medio	E17
	Malas hierbas (semillas)	Escape al medio en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Salida de organismos al medio	E18
		Rotura de la cubierta del invernadero	Falta de mantenimiento	Salida de organismos al medio	E19
		Puerta del invernadero abierta	Fallo humano	Salida de organismos al medio	E20
	Residuos bio-peligrosos	Residuos son depositados en basura normal	Fallo humano	Salida de organismos al medio	E21

Tabla 3. Escenarios de accidente en el grupo de fuentes de peligro "equipos"

	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias	Nº Escenario
EQUIPOS	Caldera del esterilizador	Vertido del agua de la caldera para evitar que se hiele en las noches de invierno	Protocolo de actuación incorrecto	Agua a elevada temperatura al suelo y vapor caliente a la atmósfera	E22
	Caldera del invernadero	Mala combustión	Falta de mantenimiento	Nube tóxica a la atmósfera	E23
		Sobrepresión de la caldera y explosión	Falta de mantenimiento	Nube tóxica a la atmósfera y rotura de la cubierta del invernadero, con salida de organismos al medio	E24

8. ESTIMACIÓN DE RIESGOS

8.1 Criterios de puntuación

8.1.1 Probabilidad de los sucesos iniciadores

Según la norma UNE 150008, se debe asignar a cada uno de los sucesos iniciadores una probabilidad de ocurrencia atendiendo a los siguientes criterios:

Figura 10. Puntuación otorgada a la probabilidad o frecuencia de un suceso iniciador

Probabilidad o Frecuencia		Puntuación
< 1 vez/mes	Muy probable	5
1 vez/mes – 1 vez/año	Altamente probable	4
1 vez/año – 1 vez/10 años	Probable	3
1 vez/10 años – 1 vez/50 años	Posible	2
> 1 vez/50 años	Improbable	1

Ante la ausencia de un histórico de accidentes tanto en el INIA como en el Departamento, la probabilidad de los sucesos iniciadores ha sido estimada mediante consenso con la Directora de Departamento (tutora de empresa) y el uso de información estadística general⁴.

8.1.2 Estimación de la gravedad de las consecuencias

Se deben estimar los posibles daños y consecuencias que cada uno de los escenarios postulados pueden causar sobre el entorno receptor. La técnica desarrollada en esta norma recoge cuatro criterios que se deben evaluar para cada uno de los tres entornos.

Para estimar la gravedad de las consecuencias se deben aplicar las siguientes fórmulas, en las que se consideran los criterios antes citados:

Figura 11. Fórmulas para la estimación de gravedad en los entornos naturales, humanos y socioeconómicos

Cantidad	+ 2 × peligrosidad	+ extensión	+ calidad del medio	= gravedad sobre el entorno natural
Cantidad	+ 2 × peligrosidad	+ extensión	+ población afectada	= gravedad sobre el entorno humano
Cantidad	+ 2 × peligrosidad	+ extensión	+ patrimonio y capital productivo	= gravedad sobre el entorno socioeconómico

Siguiendo la técnica recogida en esta norma, cada uno de estos criterios se puntuará entre 1 y 4, tomando los siguientes criterios de valoración de consecuencias:

Figura 12. Criterios de valoración de consecuencias para cantidad, peligrosidad, extensión y receptores

CANTIDAD (Tm)			PELIGROSIDAD		
4	MUY ALTA	> 500	4	MUY PELIGROSA	Muy inflamable Muy tóxica Causa efectos irreversibles inmediatos
3	ALTA	50 – 500	3	PELIGROSA	Explosivas Inflamables Corrosivas
2	POCA	5 – 49	2	POCO PELIGROSA	Combustibles
1	MUY POCA	< 5	1	NO PELIGROSA	Daños leves y reversibles
EXTENSIÓN			RECEPTORES		
4	MUY EXTENSO	Radio > 1 km	4	MUY ALTO	Más de 100 personas
3	EXTENSO	Radio < 1 km	3	ALTO	Entre 50 y 100 personas
2	POCO EXTENSO	Emplazamiento	2	BAJO	Entre 5 y 50 personas
1	PUNTUAL	Área afectada	1	MUY BAJO	Menos de 5 personas

⁴ Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. <http://www.prtr-es.es/>

Por último, de acuerdo con los criterios desarrollados en la técnica descrita en la norma UNE 150.008, la valoración de la gravedad de las consecuencias se realizaría según los siguientes baremos:

Figura 13. Baremos de valoración de la gravedad de las consecuencias

	Valoración	Valor asignado
Crítico	Entre 20 – 18	5
Grave	Entre 17 – 15	4
Moderado	Entre 14 – 11	3
Leve	Entre 10 – 8	2
No relevante	Entre 7 – 5	1

En el caso del presente estudio, la valoración de las consecuencias ha sido estimada en estrecha colaboración con la Directora de Departamento (tutora de empresa), que ha aportado dato, conocimientos y experiencia personal a la hora de realizar esta parte del trabajo.

8.1.3 Estimación del riesgo ambiental

Una vez estimadas las probabilidades/frecuencias de ocurrencia de los distintos escenarios identificados y las consecuencias derivadas sobre cada uno de los tres entornos posibles, hay que proceder a la estimación del riesgo.

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Gravedad de las consecuencias.}$$

De esta forma, a cada escenario le corresponden tres valores de riesgo en función del entorno: el natural, el humano y el socioeconómico⁵.

En función de la puntuación obtenida, el riesgo se puede valorar de la siguiente manera:

⁵ *Guía empresarial de gestión ambiental*. Confederación empresarial de la provincia de Alicante. Alicante, 2007.

Tabla 4. Valoración del riesgo en función de la puntuación obtenida en cada escenario

Riesgo muy alto: 21 a 25	
Riesgo alto: 16 a 20	
Riesgo medio: 11 a 15	
Riesgo moderado: 6 a 10	
Riesgo bajo: 1 a 5	

8.2 Evaluación de los escenarios identificados

ESCENARIO 1 (tabla 5)

E1	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Disolventes halogenados	Salida por la campana de extracción	Filtros en mal estado	Emisión de gas a la atmósfera

Probabilidad suceso iniciador	2						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	1	3	11	3
	Entorno humano	1	3	1	4	12	3
	Entorno socioec.	1	2	1	2	8	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	2	3	6	Moderado
	Entorno humano	2	3	6	Moderado
	Entorno socioec.	2	2	4	Bajo

ESCENARIO 2 (tabla 6)

E2	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Disolventes halogenados	Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	2	3	12	3
	Entorno humano	1	2	2	4	11	3
	Entorno socioec.	1	2	2	2	9	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	3	9	Moderado
	Entorno humano	3	3	9	Moderado
	Entorno socioec.	3	2	6	Moderado

ESCENARIO 3 (tabla 7)

E3	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Disolventes no halogenados	Salida por la campana de extracción	Filtros en mal estado	Emisión de gas a la atmósfera

Probabilidad suceso iniciador	2						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	1	3	11	3
	Entorno humano	1	3	1	4	12	3
	Entorno socioec.	1	2	1	2	8	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	2	3	6	Moderado
	Entorno humano	2	3	6	Moderado
	Entorno socioec.	2	2	4	Bajo

ESCENARIO 4 (tabla 8)

E4	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Disolventes no halogenados	Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	2	3	12	3
	Entorno humano	1	2	2	4	11	3
	Entorno socioec.	1	2	2	2	9	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	3	9	Moderado
	Entorno humano	3	3	9	Moderado
	Entorno socioec.	3	2	6	Moderado

ESCENARIO 5 (tabla 9)

E5	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Disoluciones acuosas inorgánicas	Mala manipulación y explosión	Fallo humano	Emisión de gas a la atmósfera

Probabilidad suceso iniciador	2						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	1	3	11	3
	Entorno humano	1	3	1	4	12	3
	Entorno socioec.	1	2	1	2	8	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	2	3	6	Moderado
	Entorno humano	2	3	6	Moderado
	Entorno socioec.	2	2	4	Bajo

ESCENARIO 6 (tabla 10)

E6	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Disoluciones acuosas inorgánicas	Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares provocando eutrofización por fosfatos y sulfatos y acumulación de metales pesados

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	2	3	12	3
	Entorno humano	1	1	2	4	9	2
	Entorno socioec.	1	1	2	2	7	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	3	9	Moderado
	Entorno humano	3	2	6	Moderado
	Entorno socioec.	3	1	3	Bajo

ESCENARIO 7 (tabla 11)

E7	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Disoluciones acuosas orgánicas de alta DQO	Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares provocando anoxia

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	2	3	12	3
	Entorno humano	1	1	2	4	9	2
	Entorno socioec.	1	1	2	2	7	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	3	9	Moderado
	Entorno humano	3	2	6	Moderado
	Entorno socioec.	3	1	3	Bajo

ESCENARIO 8 (tabla 12)

E8	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Ácidos	Salida por la campana de extracción	Filtros en mal estado	Emisión de gas a la atmósfera

Probabilidad suceso iniciador	2						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	1	3	11	3
	Entorno humano	1	3	1	4	12	3
	Entorno socioec.	1	2	1	2	8	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	3	9	Moderado
	Entorno humano	3	3	9	Moderado
	Entorno socioec.	3	2	6	Moderado

ESCENARIO 9 (tabla 13)

E9	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Ácidos	Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	2	3	12	3
	Entorno humano	1	2	2	4	11	3
	Entorno socioec.	1	1	2	2	7	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	3	9	Moderado
	Entorno humano	3	3	9	Moderado
	Entorno socioec.	3	1	3	Bajo

ESCENARIO 10 (tabla 14)

E10	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Aceites minerales	Verter por el desagüe en vez de en su contenedor	Fallo humano	Vertido al Manzanares

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	2	3	12	3
	Entorno humano	1	2	2	4	11	3
	Entorno socioec.	1	1	2	2	7	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	3	9	Moderado
	Entorno humano	3	3	9	Moderado
	Entorno socioec.	3	1	3	Bajo

ESCENARIO 11 (tabla 15)

E11	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Herbicida: glifosato	Caída al terreno de la finca en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Muerte de vegetación en la zona de suelo afectada

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	2	1	3	9	2
	Entorno humano	1	2	1	4	10	2
	Entorno socioec.	1	1	1	2	6	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	2	6	Moderado
	Entorno humano	3	2	6	Moderado
	Entorno socioec.	3	1	3	Bajo

ESCENARIO 12 (tabla 16)

E12	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Insectos y artrópodos de plaga	Cámara de cría queda abierta	Fallo humano	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	4	3	14	3
	Entorno humano	1	1	4	4	11	3
	Entorno socioec.	1	1	4	2	9	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	3	9	Moderado
	Entorno humano	3	3	9	Moderado
	Entorno socioec.	3	2	6	Moderado

ESCENARIO 13 (tabla 17)

E13	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Insectos y artrópodos de plaga	Organismos se adhieren a la ropa del personal	Fallo humano al sacar la bata fuera del edificio	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	4						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	4	3	14	3
	Entorno humano	1	1	4	4	11	3
	Entorno socioec.	1	1	4	2	9	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	4	3	12	Medio
	Entorno humano	4	3	12	Medio
	Entorno socioec.	4	2	8	Moderado

ESCENARIO 14 (tabla 18)

E14	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Hongos de cuarentena	Escape de esporas al medio en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	4	3	3	15	4
	Entorno humano	1	1	3	4	10	2
	Entorno socioec.	1	1	3	2	8	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	4	12	Medio
	Entorno humano	3	2	6	Moderado
	Entorno socioec.	3	2	6	Moderado

ESCENARIO 15 (tabla 19)

E15	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Hongos de cuarentena	Rotura de la cubierta del invernadero	Falta de mantenimiento	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	4	3	3	15	4
	Entorno humano	1	1	3	4	10	2
	Entorno socioec.	1	1	3	2	8	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	4	12	Medio
	Entorno humano	3	2	6	Moderado
	Entorno socioec.	3	2	6	Moderado

ESCENARIO 16 (tabla 20)

E16	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Virus de cuarentena	Escape al medio en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	4	3	3	15	4
	Entorno humano	1	1	3	4	10	2
	Entorno socioec.	1	1	3	2	8	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	4	12	Medio
	Entorno humano	3	2	6	Moderado
	Entorno socioec.	3	2	6	Moderado

ESCENARIO 17 (tabla 21)

E17	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Bacterias de cuarentena	Escape al medio en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	4	3	3	15	4
	Entorno humano	1	1	3	4	10	2
	Entorno socioec.	1	1	3	2	8	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	4	12	Medio
	Entorno humano	3	2	6	Moderado
	Entorno socioec.	3	2	6	Moderado

ESCENARIO 18 (tabla 22)

E18	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Malas hierbas (semillas)	Escape al medio en su trasiego al invernadero	Fallo humano	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	2	2	3	10	2
	Entorno humano	1	1	2	4	9	2
	Entorno socioec.	1	1	2	2	7	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	2	6	Moderado
	Entorno humano	3	2	6	Moderado
	Entorno socioec.	3	1	3	Bajo

ESCENARIO 19 (tabla 23)

E19	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Malas hierbas (semillas)	Rotura de la cubierta del invernadero	Falta de mantenimiento	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	2	1	3	9	2
	Entorno humano	1	1	1	4	8	2
	Entorno socioec.	1	1	1	2	6	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	2	6	Moderado
	Entorno humano	3	2	6	Moderado
	Entorno socioec.	3	1	3	Bajo

ESCENARIO 20 (tabla 24)

E20	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Malas hierbas (semillas)	Puerta del invernadero abierta	Fallo humano	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	4						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	2	1	3	9	2
	Entorno humano	1	1	1	4	8	2
	Entorno socioec.	1	1	1	2	6	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	4	2	8	Moderado
	Entorno humano	4	2	8	Moderado
	Entorno socioec.	4	1	4	Bajo

ESCENARIO 21 (tabla 25)

E21	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
	Residuos bio-peligrosos	Residuos son depositados en basura normal	Fallo humano	Salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	3						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	1	3	11	3
	Entorno humano	1	3	1	4	12	3
	Entorno socioec.	1	1	1	2	6	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	3	3	9	Moderado
	Entorno humano	3	3	9	Moderado
	Entorno socioec.	3	1	3	Bajo

ESCENARIO 22 (tabla 26)

	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
E22	Caldera del esterilizador	Vertido del agua de la caldera para evitar que se hiele en las noches de invierno	Protocolo de actuación incorrecto	Agua a elevada temperatura al suelo y vapor caliente a la atmósfera

Probabilidad suceso iniciador	5						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	2	2	3	10	2
	Entorno humano	1	1	2	4	9	2
	Entorno socioec.	1	1	2	2	7	1

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	5	2	10	Moderado
	Entorno humano	5	2	10	Moderado
	Entorno socioec.	5	1	5	Bajo

ESCENARIO 23 (tabla 27)

	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
E23	Caldera del invernadero	Mala combustión	Falta de mantenimiento	Nube tóxica a la atmósfera

Probabilidad suceso iniciador	5						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	2	3	3	11	3
	Entorno humano	1	2	3	4	12	3
	Entorno socioec.	1	1	3	2	8	12

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	5	3	15	Medio
	Entorno humano	5	3	15	Medio
	Entorno socioec.	5	2	10	Moderado

ESCENARIO 24 (tabla 28)

	Fuente peligro	Suceso iniciador	Causa	Consecuencias
E24	Caldera del invernadero	Sobrepresión de la caldera y explosión	Falta de mantenimiento	Nube tóxica a la atmósfera y rotura de la cubierta del invernadero, con salida de organismos al medio

Probabilidad suceso iniciador	2						
Estimación consecuencias		Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Receptores	Gravedad	Valor
	Entorno natural	1	3	3	3	13	3
	Entorno humano	1	2	3	4	12	3
	Entorno socioec.	1	1	3	2	8	2

Estimación del riesgo ambiental		Probabilidad	Valor consecuencias		
	Entorno natural	2	3	6	Moderado
	Entorno humano	2	3	6	Moderado
	Entorno socioec.	2	2	4	Bajo

9. EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

Tras el análisis de riesgo de los escenarios definidos, se procederá a clasificar dichos escenarios en función de su riesgo (para cada uno de los entornos estudiados). Esto facilitará la evaluación conjunta de riesgos⁶.

⁶ *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Gobierno de Perú; Ministerio del Ambiente; Dirección General de Calidad Ambiental. Lima, 2010.

Tabla 4. Valoración del riesgo en función de la puntuación obtenida en cada escenario

Riesgo muy alto: 21 a 25	
Riesgo alto: 16 a 20	
Riesgo medio: 11 a 15	
Riesgo moderado: 6 a 10	
Riesgo bajo: 1 a 5	

Tabla 29. Distribución del riesgo en el entorno natural

		Gravedad ENTORNO NATURAL				
		1	2	3	4	5
Probabilidad suceso	1					
	2			E1; E3; E5; E24		
	3		E11; E18; E19	E2; E4; E6; E7; E8; E9; E10; E12; E21	E14; E15; E16; E17	
	4		E20	E13		
	5		E22	E23		

Tabla 30. Distribución del riesgo en el entorno humano

		Gravedad ENTORNO HUMANO				
		1	2	3	4	5
Probabilidad suceso	1					
	2			E1; E3; E5; E24		
	3		E6; E7; E11; E14; E15; E16, E17; E18; E19	E2; E4; E8; E9; E10; E12; E21		
	4		E20;	E13		
	5		E22	E23		

Tabla 31. Distribución del riesgo en el entorno socioeconómico

		Gravedad ENTORNO SOCIOECONÓMICO				
		1	2	3	4	5
Probabilidad suceso	1					
	2		E1; E3; E5; E24			
	3	E6; E7, E9, E10; E11; E18; E19; E21	E2; E4; E8; E12; E14; E15; E16; E17			
	4	E20	E13			
	5	E22	E23			

Tal y como se presenta en las tablas anteriores, los escenarios de accidente identificados muestran el siguiente riesgo ambiental:

- Para el entorno natural: 6 de riesgo medio y 18 de riesgo moderado.
- Para el entorno humano: 2 de riesgo medio y 22 de riesgo moderado
- Para el entorno socioeconómico: 10 de riesgo moderado y 14 de riesgo bajo.

En términos globales, y teniendo en cuenta las tres dimensiones estudiadas, los escenarios que comportan un mayor riesgo son: E13 (insectos y artrópodos de plaga); E14, E15, E16 y E17 (hongos, virus y bacterias de cuarentena); y E23 (caldera del invernadero).

10. MEDIDAS CORRECTORAS (GESTIÓN DEL RIESGO)

A fin de disminuir la probabilidad y riesgo de los escenarios de accidente identificados, se hace necesario tomar una serie de medidas que eliminen o atemperen la fuente de peligro o la ocurrencia de sucesos iniciadores (gestión del riesgo). Estas medidas, en el caso que nos ocupa, han de ser decididas e implementadas por el INIA, siendo el Departamento de Protección Vegetal el encargado de velar por su cumplimiento (a través de la Directora y el Consejo de Departamento).

Así pues, se proponen las siguientes medidas:

- De carácter organizacional: reforzar los protocolos manejo de instalaciones, aparatos, componentes químicos, material biológico y gestión de residuos, aumentando la formación e información de los trabajadores en estos temas (E2; E4; E5; E6; E7; E9; E10; E11; E12; E13; E14; E16; E17; E18; E20; E21; E22).
- En el marco de medidas de carácter organizacional, especial atención merece el escenario E13 (adhesión de insectos y artrópodos de plaga a la ropa del personal). En este caso se recomienda extremar la seguridad en los protocolos de uso de batas: depositarlas en contenedores especiales tras su uso para su lavado y desinfestación.

- De mantenimiento de equipos e instalaciones: hacer hincapié en las labores de mantenimiento del invernadero y sus componentes (E19; E15; E23; E24); modificar el protocolo de uso y mantenimiento del esterilizador de suelos (E22); y aumentar el control sobre filtros de extracción (E1; E3; E8).
- Medidas especiales de mantenimiento se requieren para los escenarios E23 y E24 (mala combustión y explosión de la caldera del invernadero). Así pues se recomiendan revisiones periódicas por personal competente (del propio fabricante y de los operarios del INIA que usan la caldera), tratando de mantener un registro sobre su uso, accidentes y estado de mantenimiento.

PARTE 3: CONCLUSIONES

11. CONCLUSIONES FINALES

El análisis y evaluación de los riesgos ambientales en el Departamento de Protección Vegetal del INIA muestra la existencia de quince **fuentes de peligro**, distribuidas de la siguiente manera según su origen:

- 7 fuentes de peligro de origen químico
- 6 fuentes de peligro con origen en los productos biológicos usados en las actividades investigadoras del Departamento
- 2 fuentes de peligro procedentes de los equipos e instalaciones con las que cuenta el Departamento.

Todas estas fuentes de peligro pueden derivar, a través de distintos sucesos iniciadores, en veinticuatro escenarios de riesgo identificados. La **gravedad** de estos **escenarios de accidente** (sobre los tres entornos estudiados) varía de la siguiente manera:

- Para el entorno natural: 6 de riesgo medio y 18 de riesgo moderado.

- Para el entorno humano: 2 de riesgo medio y 22 de riesgo moderado
- Para el entorno socioeconómico: 10 de riesgo moderado y 14 de riesgo bajo.

Por lo tanto se puede afirmar que de las actividades llevadas a cabo en este Departamento no entrañan un riesgo excesivo para ninguno de los tres entornos, alcanzando tan solo el nivel medio en algunos escenarios (6 para el entorno natural y 2 para el humano).

Finalmente, y con el objetivo de minimizar los riesgos identificados, se han propuesto una serie de **medidas correctoras**, las cuales se centran principalmente en los aspectos organizacionales (formación del personal) y de mantenimiento de equipos e instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- *Análisis y evaluación de riesgos ambientales. UNE 150008:2008.* AENOR. Madrid, 2008.
- *Memoria de actividades 2011.* INIA. Madrid, 2012.
- *Estudio del impacto ambiental para el proyecto constructivo del campo de golf de nueve hoyos "Buenavista". Real club de la Puerta de Hierro.* ATEFOR S.L. Madrid, 2013.
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. <http://www.prtr-es.es/>
- *Guía empresarial de gestión ambiental.* Confederación empresarial de la provincia de Alicante. Alicante, 2007.
- *Guía de evaluación de riesgos ambientales.* Gobierno de Perú; Ministerio del Ambiente; Dirección General de Calidad Ambiental. Lima, 2010.
- *Informe de Conclusiones del Proyecto Piloto de Análisis de Riesgos Medioambientales de la CAPV.* Gobierno Vasco; Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca; Dirección de Calidad Ambiental. Vitoria, 2010.
- FIGUEROA MORENO, Ana. *Análisis de Riesgo Ambiental aplicado a un establecimiento afectado por el R.D. 1254/1999.* Director: Joaquim Casal Fabrega. Tesis de Máster. Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports. Barcelona, 2010.

ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Esterilizador de suelos



Foto 2. Calentador del invernadero



Foto 3. Interior del invernadero



Foto 4. Detalle de la cubierta del invernadero



Foto 5. Interior de una cámara visitable de cultivo



Foto 6. Exterior de una cámara visitable de cultivo



Foto 7. Bidón y contenedor de residuos



Foto 8. Bidones de residuos químicos



Foto 9. Reservorio de semillas



Foto 10. Cámara de flujo laminar



Foto 11. Laboratorio



Foto 12. Despacho

