

UNIVERSIDAD DE BURGOS
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPOST DE RESIDUOS
URBANOS Y OTRAS ENMIENDAS ORGÁNICAS SOBRE
LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PATATA**

TESIS DOCTORAL

MARÍA ANTONIETA ESCOBEDO MONGE

.....7-"k-k\`

Universidad de Burgos



Departamento de Química

Santiago Aparicio Martínez, Profesor Titular de Química Física del Departamento de Química de la Universidad de Burgos.

CERTIFICA:

Que el trabajo presentado como Tesis Doctoral en esta memoria con el título “Efecto de la aplicación de compost de residuos urbanos y otras enmiendas orgánicas sobre la producción del cultivo de patata” que para aspirar al grado de Doctor en Ciencias Químicas, presenta Dña. María Antonieta Monge, ha sido realizado en el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Burgos bajo mi dirección, autorizando la presentación de la misma para su calificación por el tribunal correspondiente.

Y para que así conste, expiden el presente certificado, en Burgos, a 20 de Enero de 2016.

Una firma manuscrita en tinta azul que parece ser una abreviatura o un nombre estilizado.

Fdo. Santiago Aparicio Martínez

“Jehová es mi pastor, nada me faltará, aunque ande en valle de sombras de muerte, no temerá mi corazón, mal alguno, porque tu siempre estarás conmigo....”

Salmo 23:1-8

“Si permanecéis en mí y mis palabras permanecen en vosotros, pedid todo lo que queráis y os será hecho.”

Juan 15:7

“Se fuerte, se valiente, no temas, ni desmayes, porque Dios estará contigo, donde quiera que tu vayas.”

Salmo 118:6–10

“Porque no nos ha dado Dios, espíritu de cobardía, sino de poder, de amor y de dominio propio.”

II Timoteo:1-7

“ A mi Dios, a quien debo todo lo que soy”

***A mis amados padres y hermanos
A Carmen, Marlene y Silvia
A los ángeles que siempre han estado
Cuando los he necesitado
Mis amigos***

A Abu el amor de mi vida, mi gran y fiel amigo.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido de algún modo a la realización de esta Tesis Doctoral.

Deseo hacer constar mi más sincero agradecimiento al Dr. Santiago Aparicio Martínez, director del presente trabajo, por sus acertados consejos, enseñanza, valiosa orientación y formación, así como la dedicación que han conducido a la realización de esta Tesis Doctoral, por todo su apoyo y la confianza demostrada durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

Mi más profunda gratitud a mi profesor y maestro el Dr. Peter Schmediche del Department of Breeding and Genetic del Centro Internacional de la Papa (CIP) al inicio de esta investigación y hoy profesor en la University of Wageningen in the Netherlands por su inestimable apoyo, valiosos consejos y por su bella amistad.

Mi homenaje póstumo al Dr. Carlos Ochoa, educador genuino, que en vida fue Jefe del Departamento de Taxonomía del Centro Internacional de la Papa (CIP), por permitirme participar en sus investigaciones y ser la fuente de inspiración del presente trabajo.

A la Agencia Española de Cooperación Internacional "AECI", a la Asociación de Investigación y Desarrollo Rural (AIDR), Internacional Atomic Energy Agency (IAEA), mediante el Programa FAO/OIEA, Centro Internacional de la Papa (CIP), por su apoyo y colaboración.

A NEIKER Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo, en las personas Dr. José Ignacio Ruiz de Galarreta, Enrique Ritter, Javier Pascualena por su inestimable ayuda, consejos y sobre todo por su amistad.

A Simón Isla (Appacale) por brindarme siempre su apoyo y consejos acerca de este valioso cultivo, la patata.

Agradezco a mis compañeros y amigos del Área de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Burgos, por acogerme y brindarme su apoyo siempre sincero y cálido a D^{ña} Yolanda Arribas, Juana Isabel López, Belén Alonso, Juan Carlos Rad, Daniel Perez y sobre todo a D^{ña} Milagros Navarro, por su amistad, por la dulzura que siempre sabe expresar, por la preocupación y apoyo constante durante todo este tiempo. Mi más sincero agradecimiento a D.

Javier López Robles, por sus enseñanzas a lo largo de estos años, por las horas compartidas, por nuestro mutuo interés en el mundo de las flores, por su gentil presencia, siempre con una agradable sonrisa.

En esta especial ocasión sirva para reconocer mi gratitud a D. Salvador González Carcedo por darme la oportunidad de formar parte de su gran familia en el Área de Edafología y Química Agrícola, por su amistad a lo largo de estos años.

A D. Manuel Valencia Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de Suelos, por su ayuda en la interpretación y clasificación de los suelos, por su amistad.

A mis amigas de toda la vida M^a Almudena Elizondo, Ana Peña, M^a Jose Rojo, M^a Teresa Rodríguez, Mercedes Sacristán, Mayte Izquierdo, por sus orientaciones y su apoyo constante. A M^a Olga Ruiz, por la dulzura y el cariño que siempre me ha demostrado.

A mi fiel amigo D. José Manuel Benito, por su agradable forma de ser, por nuestras conversaciones tan fructíferas y llenas de optimismo y a todos los amigos del Área de Ingeniería Química.

A mis amigas Sara Raquel Alonso y M^a Mar Cavia, por su apoyo constante, preocupación sincera; a Mercedes Ruiz Fuentes por su cariño y compartir conmigo su sabiduría. ¡Gracias!

Porque en mi corazón, en ese lugar donde están mis mejores recuerdos, y agradecimientos a los Señores Doctores D. Luis Antonio Sarabia y M^a de la Cruz Ortiz, por infundirme conocimientos, energía, vitalidad y sobre todo por su amistad.

A todo el Personal de la Biblioteca de la Universidad de Burgos, por su eficiencia y profesionalidad, a Rodrigo Rodríguez, Elisa Martín y Sonia Calderón, por su valiosa ayuda siempre que la he necesitado, mi sincero agradecimiento a Rocío Fernández, por brindarme sus conocimientos, por su cariño y amistad.

A todo el personal de Servicio de Informática y Comunicaciones de la Universidad de Burgos, por su dinamismo y eficiencia, sobre todo a Fernando Lerones, por su sincera dedicación a ayudarnos siempre a solucionar los problemas informáticos.

A la Facultad de Ciencias de la Universidad de Burgos. Al Servicio de Información por su eficiencia y profesionalidad en las personas de Gonzalo Plasencia y M^a Concepción Santa María, por su dedicación, apoyo y cariño, en todos estos años.

RESUMEN

El área donde se realizaron los experimentos se encuentra situado en Tobar, municipio situado en la provincia de Burgos (Comunidad Autónoma de Castilla y León) perteneciente a la Comarca Agraria de Odra del Pisuerga. A lo largo del presente trabajo de investigación se han realizado experimentos de campo para poder cumplir los objetivos planteados dirigidos a evaluar el efecto de la aplicación del compost de Residuos Urbanos (RU) y de otras enmiendas orgánicas sobre la optimización de la producción de diferentes variedades de patata (*Solanum tuberosum* L. *subespecie tuberosum*) y clones avanzados de patata, frutos del cruzamiento entre genotipos de la subespecie *tuberosum* por la *subespecie andígenum*.

En una primera etapa se realiza la clasificación y análisis de las características de tres suelos donde se realizarán los experimentos de campo. En una segunda etapa se aborda el estudio comparativo de 25 variedades y clones avanzados de patata provenientes de Holanda y del Perú, (Centro Internacional de la Papa). A la cosecha se seleccionan los tubérculos más estables en rendimiento, forma, tamaño y calibre comercial, los cuales formarán parte importante en la tercera etapa del trabajo de investigación. Se prepararon los Compost procedentes de RU y de otras enmiendas orgánicas utilizando el método Indore modificado. Estos compost fueron aplicados al suelo y se evaluaron según la producción y calidad en el cultivo de patatas seleccionadas en la etapa anterior.

Se han estudiado los efectos del Compost de residuos urbanos (CR) incorporados en dosis de 23 t ha^{-1} comparándose con el compost preparado con estiércol de gallina (CG), de vacuno (CV) y de ovino (CO), en las mismas dosis, una fertilización mineral y un control, en total seis tratamientos. El diseño del experimento se compone de 4 bloques por cada variedad, donde los seis tratamientos se encuentran distribuidos al azar. La adición de las enmiendas orgánicas se realiza antes de la siembra, cada tres años, siguiendo el esquema de distribución de los tratamientos, utilizando para ello tubérculos-semilla de buena calidad y certificada. Los datos se analizaron con el programa estadístico informático SAS, a una probabilidad estadística de 0.001. Para el análisis estadístico de los experimentos se utilizó el análisis de varianza y las pruebas escogidas para realizar la comparación entre medias de los tratamientos de las variables evaluadas, fueron las pruebas de Duncan y Tukey.

La aplicación del compost de residuos urbanos (CR) ha incrementado el rendimiento del cultivo en tres variedades y en el clon avanzado de patata en comparación con los otros tratamientos orgánicos y el tratamiento mineral, siendo estos rendimientos sostenidos entre las campañas 1998 a 2001 en las Variedades Agría y Monalisa y prolongándose hasta la campaña 2004 en las variedades Jaerla y el Clon A7677, resultando muy significativos los aportes de nutrientes por este compost. Se observa una fuerte declinación en los rendimientos en todas las variedades y en especial en el Clon A7677 a partir de la tercera campaña, con el tratamiento CR, hasta llegar a la última campaña (2013) a rendimientos similares a las parcela testigo sin ninguna aplicación de enmienda o fertilización. El compost de Gallinaza (CG) es la segunda enmienda en proporcionar altos rendimientos, observándose sus beneficios en todas las variedades, desde inicio al final del experimento. En los tubérculos del Clon A7677 es donde se han encontrado mayores contenidos de Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr y Ni, seguidos con contenidos menores en la Variedad Agría, Monalisa y Jaerla, bajo el tratamiento con compost de residuos urbanos.

Las enmiendas orgánicas han provocado una reactivación microbiana del sistema, favoreciendo los procesos bioquímicos y contribuyendo a mejorar la calidad de los suelos. En general los contenidos en macro y micronutrientes incrementan en los suelos tras la aplicación de estas enmiendas orgánicas. La concentración de metales pesados aumentan mayormente con la aplicación de los tratamientos con compost de residuos urbanos, existiendo un efecto marcado en los rendimientos a partir de la tercera y cuarta aplicación de estos tratamientos, hecho que implica la necesidad de un control de los contenidos de metales en estos residuos para evitar problemas de contaminación de suelos y su paso a la cadena trófica. Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos, siendo perjudiciales para el consumo humano.

SUMMARY

In this study field experiments have been carried out to meet the targeted objectives for assessing the effect of the application of compost from urban waste (UW) and other organic amendments on optimizing the production of different varieties of potato (*Solanum tuberosum* L. subspecies of type *tuberosum*) and advanced potato clones, resulting from a cross between the genotypes of *tuberosum* and *andígena* subspecies. The field study was carried out in Tobar municipality, which belongs to the Odra-Pisuerga area in Burgos province (Castilla-León Region, Spain).

In the first stage of the study, the classification and analysis of three different soils was carried out. In a second stage, a comparative study of 25 varieties was done. Varieties with origin in Holland and Peru were considered. A selection of the most suitable ones considering performance, shape, commercial size and caliber was done. The selected varieties were considered for the next stage of the study in which the effect of field application of UW compost other organic amendments in crop production and quality of the selected varieties was analyzed.

The effects of UW compost incorporated in doses of 23 t ha^{-1} were studied in a experimental farm, comparing with compost prepared from chicken manure (CG), beef (CV) and sheep (CO), a mineral fertilizer and a control reference, all of them for a total of six treatments. The experimental design consists of 4 blocks for each variety, where the six treatments are randomly distributed. The addition of organic amendments are made before planting, every three years, following the scheme of distribution of treatments, the same varieties grown every 3 years. Data were analyzed using the SAS statistical program to a statistical probability of 0.001. For the statistical analysis of experiments and the analysis of variance, the Duncan and Tukey tests were chosen for comparison between treatment means of the evaluated variables.

The application of UW compost has increased crop yielding in the three varieties and advanced potato clone compared with other organic amendments and mineral treatment, and these yields held between 1998 and 2001 campaigns for Monalisa varieties *Agria* and lasting until the 2004 campaign for the variety *Jaerla* and Clone *A7677*, leading to very significant nutrient inputs for this type of compost. Nevertheless, a remarkable decrease is observed in yields for all the varieties, especially for clone *A7677*, from the third season, with the UW compost treatment, leading to yields for the last season (2013) similar to the control experiments in which any amendment or fertilizer was considered. The compost manure (CG) is the second amendment to provide high yields, showing its benefits for all the varieties, from the

beginning to the end of the experiments. Regarding the presence of heavy metals, clone A7677 showed the higher content of Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr and Ni, followed by Agria, Monalisa and Jaerla Variety under UW compost treatment. The organic amendments have caused a microbial reactivation of the systems, favoring the biochemical processes and helping to improve soil quality. The concentration of heavy metals increases with the application of UW compost, which is more remarkable after the third or fourth UW compost application. This allow us to conclude the need of controlling the heavy metal contents in composts coming from UW to avoid contaminantion problems and their extension in the food chain.

<u>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. EL SUELO UN RECURSO NATURAL	3
1.2. CLASIFICACIÓN AMERICANA DE LOS SUELOS	3
1.3. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA FAO	6
1.4. EL SUELO UN RECURSO NATURAL NO RENOVABLE	7
1.5. DEGRADACIÓN DEL SUELO Y EROSIÓN DEL SUELO	7
1.6. PROCESOS QUE CONDUCEN A LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS	8
1.7. LOS SUELOS MEDITERRANEOS PROBLEMAS DE SU DEGRADACIÓN	9
<u>CAPÍTULO II. OBJETIVOS</u>	11
<u>CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO</u>	15
3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PROVINCIA DE BURGOS	17
3.1.1. Relieve y Litología	17
3.1.2. Geología	18
3.1.3. Edafología	20
3.1.4. Climatología de la Provincia	22
3.1.5. Clasificación Agroclimática de J. Papadakis para la Provincia de Burgos	25
3.1.6. Distribución General de las Tierras por grupos de Cultivo y Aprovechamiento de suelo, para la Provincia de Burgos	28
3.1.7. Superficie y Municipios de las Comarcas Agrarias de la Provincia de Burgos	31
3.2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS COMARCA DE ODRA DEL PISUERGA	33
3.2.1. Geología de la Comarca de Odra del Pisuerga	33
3.2.2. Edafología de la Comarca de Odra del Pisuerga	35
3.2.3. Climatología de la Comarca de Odra del Pisuerga	36
3.2.4. Características de la Comarca de Odra del Pisuerga	38
<u>CAPÍTULO IV. CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS SUELOS</u>	43
4.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS	47
4.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	49
4.3. CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS	49

4.3.1. Materiales de Campo para la toma de Muestras	49
4.3.2. Metodología para el Muestreo de los Suelos	50
A. Muestreo de los Suelos	50
B. Fase de Laboratorio. Análisis de los Suelos.....	51
C. Definición y Clasificación de los Suelos.....	52
D. Resultados y Discusión.....	53
<u>CAPÍTULO V. ORIGEN Y SITUACIÓN. CULTIVO DE LA PATATA</u>	65
5.1. ORIGEN DE LA PAPA O PATATA	67
5.2. SITUACIÓN DE LA PATATA EN EL MUNDO	70
5.3. SITUACIÓN EN EUROPA	71
5.4. SITUACIÓN EN ESPAÑA	74
5.5. PRODUCCIÓN DE PATATAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL MERCADO	74
5.6. SITUACIÓN EN CASTILLA Y LEÓN.....	78
5.7. IMPORTANCIA DE LA PATATA A NIVEL MUNDIAL.....	80
5.8. VENTAJAS NUTRICIONALES DE LA PATATA. LA ALIMENTACIÓN	82
5.9. LA PATATA Y LA BIODIVERSIDAD.....	84
<u>CAPÍTULO VI. ESTUDIO COMPARATIVO DE VARIEDADES Y CLONES</u>	89
6.1 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	91
6.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS	92
6.3. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO	92
A. MATERIAL VEGETAL. GENOTIPOS EN ESTUDIO	92
B. PROCEDENCIA DE LOS CLONES AVANZADOS DE PATATA.....	93
6.4. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	99
6.5. CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DE LOS SUELOS	99
6.6. SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA SEMILLA.....	101
6.7. SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN.....	101
6.8. COSECHA Y CLASIFICACIÓN	103
6.9 EVALUACIONES DEL CRECIMIENTO Y TUBERIZACIÓN	103
6.10. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS	104
6.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	105
6.12. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	105
A. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTAS	105
B. RITMO DEL CRECIMIENTO DEL FOLLAJE Y DE LOS TUBÉRCULOS	107
C. RENDIMIENTO DEL TOTAL DE LOS TUBÉRCULOS	118
D. RENDIMIENTO DEL TOTAL DE LOS TUBÉRCULOS POR CALIBRES	118

<u>CAPÍTULO VII. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS SOBRE EL CULTIVO DE PATATA</u>	125
7.1. LOS RESIDUOS. CLASIFICACIÓN.....	127
7.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS URBANOS.....	127
7.3. PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS URBANOS.....	128
7.4. NORMATIVA LEGAL	131
7.5. COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS.....	133
7.6. EFECTOS DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS SOBRE SUELOS Y PLANTAS	134
7.7. OBJETIVOS	135
7.8. MATERIALES EMPLEADOS	136
7.9. COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS.....	136
7.10. MÉTODOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS Y SU ANÁLISIS	137
A. TOMA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	137
B. FASE DE LABORATORIO. ANÁLISIS DE SUELOS, ENMIENDAS ORGÁNICAS Y MATERIAL VEGETAL.....	139
7.11. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	139
7.12. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.....	139
7.13. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO	140
7.14. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	140
7.15. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO	141
7.16. COSECHA Y CLASIFICACIÓN.....	144
7.17. EVALUACIONES DEL CRECIMIENTO Y TUBERIZACIÓN.....	144
7.18. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	145
7.19. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	145
7.20. CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DE LOS COMPOST.....	146
7.21. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	150
A. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTAS	150
B. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PATATA POR AÑO.....	150
C. EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS EN EL CULTIVO DE PATATA	156
D. CONTENIDO EN NUTRIENTES DE LOS COMPOST	158
CONTENIDO EN MACRONUTRIENTES	158
CONTENIDO EN MICRONUTRIENTES Y METALES PESADOS	160
<u>CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES</u>	177
<u>CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFIA</u>	183
<u>CAPÍTULO X. ANEXOS</u>	195

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el hombre ha provocado cambios en el medio ambiente que no se habían dado desde sus orígenes como especie. El progreso de las estructuras agrarias y los avances tecnológicos, han dado paso a una serie de mejoras cuantitativas orientadas hacia un enfoque mayormente productivista, el incremento en la producción de alimentos, prácticas que han ido agotando los suelos y que precisan del empleo de cantidades cada vez más crecientes de fertilizantes químicos, pesticidas y herbicidas, para poder mantener esos niveles de productividad. La magnitud de las consecuencias se ha puesto de manifiesto sobre todos los componentes del agrosistema, incidiendo de forma alarmante en el medio edáfico, en especial sobre la materia orgánica, afectando la capacidad de autorregulación mantenida durante milenios entre el ser humano y su medio agrícola.

1.1 EL SUELO UN RECURSO NATURAL

El suelo es un recurso natural, vital, dinámico y no reversible, esencial para el desarrollo de la vida, en el que se asientan todos los seres vivos, es la base para la explotación agropecuaria y forestal y para el mantenimiento de los diferentes ecosistemas, se compone de material rocoso meteorizado y descompuesto, agua, aire, materia orgánica formada de la descomposición vegetal y animal y miles de formas diferentes de vida, principalmente microorganismos e insectos. Todos estos elementos cumplen una función en el mantenimiento de la compleja ecología de un suelo sano, siendo la fracción orgánica la que reviste una mayor importancia, al desempeñar un papel clave en el mantenimiento de sus propiedades, su estructura y su capacidad productiva.

Desde el punto de vista científico es un sistema natural organizado e independiente, con unos constituyentes, propiedades y génesis que son el resultado de la actuación de una serie de factores activos como son el clima, los organismos, el relieve y el tiempo, sobre un material constituido por la roca madre (Jordán, 2006).

Existen múltiples clasificaciones de suelos, todas y cada una de ellas dependerá del uso que le demos, entonces, el propósito de la clasificación de un suelo, es ser capaz de organizar el conocimiento acerca de ellos, darles un nombre, conocer sus atributos ó propiedades, de tal manera que podamos referirnos a estos, distinguiéndolos de otros con la precisión requerida y con una denominación específica.

En cualquier sistema de clasificación, lo más trascendente es que sea lo más preciso posible y que se puedan deducir más conclusiones importantes acerca de ellos y de esta forma sirvan mejor al propósito clasificatorio. (Porta, 1993; WRB, 2014).

1.2 CLASIFICACION AMERICANA DE SUELOS

Estados Unidos ocupa uno de los primeros lugares entre muchos países en sistemática y clasificación de suelos. Los comienzos de la clasificación pasan por 3 fases:

Primer periodo Técnico. Los precursores de la primera clasificación y el trazado de cartas de los suelos en Estados Unidos la debemos a Ruffin (1832) y Hilgard (1833-1906), durante estos años las clasificaciones se inclinaban hacia las nomenclaturas técnicas geológicas.

La clasificación moderna de los suelos arranca con los trabajos del geólogo ruso Dokuchaev (1840-1903), quien ha sido considerado padre de la ciencia del suelo o Edafología, al ser uno de los primeros científicos en realizar un vasto estudio de los tipos de suelos, los define como cuerpos naturales e independientes; interesado en los aspectos técnicos y científicos de la clasificación de suelos, los concreta en su obra *Russian Chernozem*. Este sistema de clasificación fue conocido en Occidente en 1914 gracias a los muchos trabajos traducidos y publicados por Glinka al alemán y en 1923 al inglés por C.F. Marbut. Fruto de esta tendencia, en Estados Unidos, Hilgard (1833-1916) y Loughridge, presentan un sistema de clasificación basado en la textura.

Las ideas y conceptos de Hilgard acerca de los suelos y su génesis no se aplicaron en las investigaciones de los suelos de América, hasta 50 años después, fue Milton Whitney quien desarrolló el primer sistema norteamericano de clasificación de suelos relacionado con las investigaciones edafológicas y lo utilizó como base en el trazado de mapas.

En el Segundo Período o Periodo norteamericano medio, Es Marbut (1863-1935) la figura central en la evolución de la taxonomía de los suelos, introduce a Estados Unidos los conceptos de Dokuchaev y sus discípulos Glinka y Sibirtsev, adaptándolas a las condiciones de suelo norteamericanas, después de traducir al inglés una edición alemana de la obra de Glinka sobre la formación de los suelos y los grupos de suelos en el mundo. Presentó al I Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo, celebrado en los E.E.U.U. en 1927, su sistema de clasificación ascendente, elaborado a partir de las unidades inferiores o “series de suelos”, todas estas ideas las formuló en su obra maestra sobre clasificación de suelos publicada en el *Atlas of American Agriculture* (Marbut, 1935).

Debemos considerar a Marbut como el fundador de la edafología norteamericana, además de su influencia a nivel mundial a él se le debe estas valiosas contribuciones:

- Establecimiento del perfil de suelos como unidad fundamental de estudio. Enfocó la atención en las propiedades de los suelos, más que en sus relaciones geológicas o en los factores amplios de formación de suelos.
- Preparación del primer sistema de taxonomía de suelos
- Establecimiento de los criterios para series de suelos que se utilizan en la actualidad.

En el Tercer Periodo o periodo cuantitativo moderno, las revisiones de la clasificación USDA de 1938 realizadas por Thorp y Smith y por Riecken y Smith en 1949, marcaron el principio del periodo moderno de clasificación de suelos. (Buol, et al., 1986). Las clasificaciones presentadas por Kellog y Thorp y Baldwin y Kellog (1938,1949), constituyeron un nuevo avance, ya que mantenían las categorías establecidas por Marbut, para la categorías superiores, esencialmente genéticas y científicas (orden, suborden, gran grupo y familia) y las inferiores, de carácter utilitario (serie, tipo y fase)

En 1949 la revista *Soil Science* publica un número especial a los problemas generales de la clasificación de suelos, en el que Thorp y Smith modifican el esquema de 1938, desaparecen los términos “pedocal” y “pedalfer” introducidas por Marbut, y se conservan los términos “zonal, intrazonal y azonal”, así como el de los principales

subórdenes, modificándose diversos grandes grupos y examinándose las unidades inferiores (Rodríguez, 2007).

En definitiva, seguía existiendo una falta de coherencia entre las categorías a distinto nivel, es a partir de 1951, que se da orientación totalmente nueva al sistema de clasificación, cuyo resultado es la presentación de la “7ª Aproximación” al Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo celebrado en 1960 en Madison, Wisconsin, E.E.U.U., a la que han seguido diversos suplementos y la publicación en 1975 de la obra *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Posteriormente se crearon diversos comités de especialistas en los diversos órdenes que revisan y proponen modificaciones que vienen recogidas en las *Keys of soil Taxonomy* que se han venido publicando cada dos años, (Ortiz, 2001), la última publicada es la de la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2014)

En estas clasificaciones se concede un carácter prioritario a las características del suelo y a sus propiedades medibles (físicas, químicas y morfológicas) y se elabora una nomenclatura totalmente nueva. Sus principales aportaciones son el concepto de pedón y polipedón, la definición de edafoclimas y el establecimiento de horizontes de diagnósticos rigurosamente definidos, se utilizan las unidades taxonómicas siguientes: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie. Existiendo doce órdenes de suelos que se diferencian por la presencia o ausencia de determinados horizontes de diagnóstico o rasgos que son evidencias de las diferencias en el grado y clase de los procesos edafogenéticos dominantes en la evolución del suelo. Siendo los doce Órdenes de suelo: *Entisoles, Inceptisoles, Molisoles, Alfisoles, Ultisoles, Espodosoles, Oxisoles, Aridisoles, Andisoles, Vertisoles, Histosoles y Gelisoles*.

Se realiza una nueva clasificación para reducir la heterogeneidad dentro de cada Orden, en una categoría más baja, el Suborden, diferenciándose 60 Subórdenes de suelos, el proceso de clasificación continúa en forma descendente hasta la categoría más baja, la Serie (Fadda, 2007)

Las principales ventajas de la *Soil taxonomy* son las siguientes:

- Es un sistema que hace posible la clasificación de todos los suelos del mundo.
- Los táxones quedan definidos de forma que sean excluyentes.
- Define con gran precisión y objetividad los horizontes y características de valor diagnóstico, muchos de los cuales han sido tomados por otros sistemas de clasificación.
- Es válida para los suelos que hayan sido modificados por la acción antrópica, especialmente por labores agrícolas.
- Admite modificaciones por la aparición de nuevos tipos de suelos.
- La terminología utilizada, si bien puede ser extraña al principio por su novedad, resulta autoexplicativa cuando se llega a entender las normas de nomenclatura. A partir de este momento es clara y no requiere traducción a los diferentes idiomas.
- Considera propiedades que, por lo general, tienen gran significación para la utilización de los suelos con distintos fines.
- Las características diferenciadoras seleccionadas son propiedades del suelo, incluyendo su régimen de humedad y temperatura

1.3 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA FAO

La Organización para la Agricultura y alimentación de las Naciones Unidas (FAO), apoyada por el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP) y la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS), decide reunirse en Sofía, Bulgaria, en 1980, en un intento de unificar y armonizar todos los suelos del mundo en una clasificación internacional llamada "*Clasificación Mundial de Suelos*", donde ofrece generalizaciones útiles acerca de los suelos en relación con las interacciones de los factores formadores del suelo, tratando de alcanzar un acuerdo sobre los principales agrupamientos de suelos a ser reconocidos a escala global, vuelven a reunirse en 1981 y establecen los principios generales de un programa conjunto hacia el desarrollo de una Base Internacional de Referencia para la Clasificación de Suelos (IRB).

Base Referencial Mundial de Recurso Suelo (WRB)

En 1992 la IRB fue renombrada como World Reference Base for Soil Resources (WRB), se estableció entonces un grupo de trabajo, que ha ido reuniéndose cada cierto tiempo en diferentes ciudades del mundo, recibiendo numerosas contribuciones de los edafólogos, la primera versión oficial de la WRB fue presentada en el 16° Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo celebrado en Montpellier en 1998, en un intento de unificar y armonizar todos los suelos del mundo en una clasificación desarrollada a partir de la leyenda de las unidades de suelos de la FAO, en tres volúmenes.

- 1. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Una introducción.**
- 2. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Atlas.**
- 3. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo.**

Uno de los principios del WRB, es que no tiene en cuenta los parámetros climáticos, se señala que "*deberían ser utilizados con fines de interpretación, en combinación con las propiedades de los suelos, pero no deben formar parte de la definición de los suelos*". Si bien en el propio texto se reconoce que un número de grupos de suelos puede encontrarse bajo diferentes condiciones climáticas, fue decisión no introducir separaciones en función de estas condiciones para que la clasificación de suelos no estuviera subordinada a la disponibilidad de datos climáticos, se ha prestado especial atención a temas de uso de las tierras y manejo de suelos tropicales y tierras áridas usando numerosa información de los diferentes países, estableciéndose un sitio web (<http://www.fao.org/landandwater/agll/wrb/default.stm>). (Rodríguez, 2007; FAO, 2006, 2007)

Este sistema es muy similar en su concepción y en su nomenclatura al sistema USDA; no utiliza como características diagnósticas los regímenes de humedad y de temperatura, el sistema clasifica los suelos en tres posibles categorías:

- Grupo principal de suelo, es la categoría más general, equivale, en términos generales, al orden o al suborden del sistema USDA, hay 28 clases definidas.
- Unidades de suelo, es el segundo nivel de clasificación y en términos generales puede corresponder a los subgrupos del sistema USDA, en este sistema se encuentran definidas 152 clases de suelos.
- Subunidades de suelos, son las divisiones dentro de las clases anteriores incluidas en el sistema en la revisión que se le hizo en 1988. Aún no se han definido clases en esta categoría. (Jaramillo, 2002; WRB, 2007; FAO, 2007)

1.4 EL SUELO, RECURSO NATURAL NO RENOVABLE

El Suelo es un recurso natural, vital, dinámico y no renovable, esencial para el desarrollo de la vida, en el que se asientan todos los seres vivos, es la base para la explotación agrícola y forestal y para el mantenimiento de los diferentes ecosistemas (FAO, 1984; Bienes 1989; Seoáñez 1999), constituye uno de los medios receptores de la contaminación más sensibles y vulnerables (Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, 2005), por ello es fundamental conservar e incluso aumentar su calidad y su capacidad productiva; centramos la mayor parte de la atención en la atmósfera y el agua, mientras que el suelo pasa desapercibido, debemos entender que el suelo es frágil, de difícil y larga recuperación, por ello su gestión y explotación deben llevarse a cabo en forma racional para no modificarlo negativamente (Albaladejo y Diaz, 1990, Pimentel y Burgess, 2013; Rattan, 2015).

El suelo es un recurso natural imprescindible para el desarrollo vegetal y juega un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, según Larson y Pierce (1991), desempeña tres funciones fundamentales:

- Es un soporte físico para el mantenimiento de las plantas y una reserva de agua, aire y nutrientes tanto para ellas como para la micro y meso fauna que se desarrolla en el mismo.
- Actúa como regulador del flujo hídrico en el medio ambiente.
- Es un sistema con cierta capacidad de atenuar los efectos nocivos de contaminantes mediante procesos físicos, químicos y biológicos.

El Suelo está formado por material inorgánico (arena, limo y partículas arcillosas), materia orgánica, agua, gases y organismos vivos (lombrices, insectos, algas, bacterias, hongos, etc.). El propio sistema de raíces de las plantas, sus exudados, forman la fuente principal de nutrientes para la vida del suelo. Todos estos componentes del suelo están íntimamente relacionados mediante procesos físicos, químicos y biológicos, así, procesos tales como la mineralización y la humificación de la materia orgánica se rigen en gran medida por reacciones de oxidación, reducción e hidrólisis, que son catalizadas por enzimas producidas en su mayor parte, por los microorganismos del suelo. Asimismo esta actividad enzimática del suelo es la responsable de la formación de moléculas orgánicas estables, implicando además reacciones relacionadas con el ciclo de nutrientes, desempeñando una importante función en la retención de cationes, a través del intercambio iónico y de diferentes procesos de adsorción, que contribuyen a la permanencia de un equilibrado ecosistema de suelo.

1.5 DEGRADACIÓN DEL SUELO Y EROSION DEL SUELO

La degradación de los suelos es la disminución ó pérdida de la capacidad productiva del mismo, a través de un uso intensivo y/o inadecuado, que conduce a cambios adversos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Se define erosión como la pérdida acelerada del espesor del suelo con disminución de sus componentes minerales y orgánicos más finos, siendo progresiva e irreversible provocada por una serie de factores que pueden intervenir individual o colectivamente llamados *agentes erosivos*, los cuales pueden tener un gran impacto agronómico, ambiental y económico (Diaz y Almorox, 1994).

Este fenómeno se produce principalmente cuando la tierra está expuesta a la acción del viento y de la lluvia, sin la protección de una capa de vegetación y de la acción fijadora de las raíces, cada gota de agua golpea como una bala el suelo desnudo, se desprenden las partículas y el agua las arrastra pendiente abajo, donde son transportadas por los ríos y arroyos, esta pérdida de suelo es irreversible, una vez destruido, desaparece para siempre (FAO, 1984).

1.6. PROCESOS QUE CONDUCEN A LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS

Desde hace muchos años la agricultura, la deforestación, los incendios o el sobrepastoreo, han estado cambiando los balances energéticos en los ecosistemas terrestres y perturbando los ciclos que están vinculados a la materia orgánica de los suelos; la degradación de estos ecosistemas es paralela a una disminución en los contenidos de materia orgánica en los mismos, que juega un papel importante en su capacidad productiva, al ser la principal reserva de nutrientes para las plantas (Zech et al., 1997)

En todo tipo de ambientes el suelo se halla sometido a la acción de un conjunto de procesos que conducen a la de degradación tanto de origen natural como antrópico. Los ambientes mediterráneos no escapan a los efectos de estas interacciones, su capacidad de regeneración suele ser escasa, evolucionando lentamente, viéndose afectada drásticamente su capacidad de autorregulación y su productividad. Entre estos procesos hay que destacar la pérdida de estructura, la compactación, la reducción de su capacidad de infiltración, la disminución de la materia orgánica, la reducción del carbono de su biomasa, así como el desequilibrio del balance de sales y el aumento de los patógenos del suelo. Estos procesos los podemos agrupar del siguiente modo, en función del tipo de degradación que producen:

1. Procesos de Degradación Física

Inducidos:

- Erosión hídrica.
- Erosión eólica.
- Compactación, sellado y encostramiento.
- Pérdida de Estructura y porosidad.
- Alteración de la capacidad de retención hídrica
- Problemas de permeabilidad e infiltración
- Desertificación.

Naturales:

- Formación de horizontes endurecidos

2. Procesos de Degradación Química

Inducidos:

- Salinización.
- Desbasificación.
- Contaminación.
- Pérdida de fertilidad

Naturales:

- Laterización

3. Procesos de Degradación Biológica

Inducidos:

- Degradación de la cobertura vegetal.
- Disminución del contenido en materia orgánica.
- Reducción de macro y microfauna.
- Alteración de la población microbiana.
- Pérdida de Biodiversidad.
- Disminución del poder productivo

1.7. LOS SUELOS MEDITERRANEOS. PROBLEMÁTICA DE SU DEGRADACION.

Estamos ante un ecosistema maduro, con una gran capacidad para reaccionar frente a las agresiones externas manteniendo su calidad inicial, pero si las agresiones son intensas o frecuentes, el suelo va perdiendo esta capacidad de reacción y comienza a degradarse. Para evitar esta degradación es necesario iniciar procesos de regeneración del suelo, antes de que sea irreversible, porque una vez que el suelo se ha degradado, es muy difícil conseguir su recuperación, llegando a ser un problema de gran amplitud considerándose como parte importante de la crisis ambiental.

Actualmente los suelos se encuentran moderados a altamente degradados debido a la erosión, por agotamiento de los nutrientes, acidificación, salinización, compactación y contaminación química, el daño resultante afecta a los medios de vida, los servicios ecosistémicos, la seguridad alimentaria y el bienestar humano, que son un claro enemigo en un clima mediterráneo que cada vez es más árido como consecuencia del cambio climático. (Bovarnick et al., 2010; FAO, 2014). Centrándonos en Europa, casi la cuarta parte de su superficie presenta degradación por acción antrópica. (Hernández, 2000; FAO, 2014).

En el territorio español, el tipo de degradación que afecta con mayor intensidad a los suelos mediterráneos es la erosión hídrica, que contribuye decisivamente a incrementar los procesos de desertificación (Rubio y Herrero-Borgoñón, 1987; Rubio, 1989; Diaz y Almorox, 1994, Myllemium, 2005, MAGRAMA, 2014). Es bien conocido el hecho de que, en el *Mapa mundial de Riesgo de Desertificación* (FAO, UNESCO, WMO, 1977; ONU, 2015) el litoral mediterráneo español es la única zona de toda Europa calificada de muy alto riesgo de desertificación, posteriormente estas predicciones han sido confirmadas por otros estudios y evaluaciones (UNEP, 1992, 2005, 2015).

En los suelos de España el proceso de degradación se ha acelerado durante la última década, por la creciente aridez climática y por la presión urbanística, más del 59.9% de sus suelos ya está moderada a gravemente erosionada. Las regiones más afectadas por este problema han sido amplias zonas de Murcia, Almería y Alicante, esto es debido principalmente por la intensificación de los incendios forestales, la agricultura intensiva y los cambios de usos del territorio, España está considerada como la única zona europea con muy alto riesgo de desertificación (MOPU, 1990; Albaladejo, 1994; MAGRAMA, 2014; FAO, 2015).

Tabla 1.1. Superficie de suelo afectada por erosión (%). Año 2013

CCAA	Con procesos erosivos Moderados (%)	Con procesos erosivos Medios (%)	Con procesos erosivos Altos (%)
Cantabria	59.91	22.39	17.70
Almería	51.64	21.30	27.06
Asturias	61.92	21.67	16.42
Navarra	65.64	18.79	15.57
Murcia	50.18	19.87	29.95
La Rioja	65.84	20.43	13.72
Galicia	74.34	13.06	12.61
Baleares	76.62	13.69	9.70
Madrid	81.28	10.89	7.83
Cataluña	54.41	24.86	20.74
Extremadura	83.75	9.81	6.44
Canarias	69.25	21.86	8.89
Andalucía	57.61	19.76	22.63
C. Valenciana	70.12	16.04	13.83
Castilla y León (*)	88.32	8.24	3.44

() Datos referidos a la Comunidad Autónoma de Castilla y León exceptúan a la provincia de Soria. Fuente: MAGRAMA. En el indicador, el intervalo de pérdida de suelo denominado “Moderado” es de 0 a 10 t ha⁻¹ año, el “Medio” de 10 a 25 t ha⁻¹ año y el “Alto” de más de 25 t ha⁻¹ año.*

Los datos ofrecidos en la Tabla 1.1, son los correspondientes al porcentaje de superficie de suelo afectado por distintos grados de erosión, en el año 2013, las provincias de Segovia y Burgos dentro de la Comunidad Autónoma de Castilla y León fueron incorporadas al Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES, 2014).

Los suelos mediterráneos afectados por procesos de desertificación se sitúan en áreas de climas semiárido y árido, lo cual implica períodos secos de tres meses o más cada año, por eso es la falta de humedad el factor más importante en la génesis y evolución de estos suelos y en sus relaciones con la vegetación. La cantidad total de lluvia es tan importante como la forma en que ésta se produce.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

El objetivo principal de la presente Tesis Doctoral consiste en evaluar el efecto de la aplicación del compost de Residuos Urbanos (RU) y de otras enmiendas orgánicas sobre la optimización de la producción del cultivo de patata, que se desarrollaron en el municipio de Tobar, perteneciente a la Comarca Agraria de Odra de Pisuegra, provincia de Burgos (Comunidad de Castilla y León). De allí que este trabajo de investigación en variedades y clones avanzados de patata, nos dé a conocer el comportamiento agronómico, productividad y adaptación en la zona seleccionada. Para alcanzar este objetivo, pretendemos:

1.- Valorar la capacidad del compost de RU como fuente de nutrientes en diferentes variedades de patata (*Solanum tuberosum* L. *Subespecie tuberosum*) y clones avanzados de patata, fruto del cruzamiento entre genotipos de la subespecie *tuberosum* por la subespecie andígena

2.- Comparar la capacidad fertilizante del compost de RU y los compost de otras enmiendas orgánicas en variedades de patata de diferente ciclo de cultivo.

3.- Estudiar la influencia de la aplicación de estos compost sobre la producción, calidad y rendimiento de patata.

4.- Evaluar los efectos que estos residuos pueden tener sobre los posibles riesgos de contaminación por metales pesados en el suelo y en el cultivo a través del tiempo.

El trabajo de esta Tesis Doctoral se realizó en cuatro etapas:

- Primera etapa: clasificación y análisis de las características de los suelos donde se realizaron los cultivos de patata, el cual está desarrollado en el Capítulo IV.
- Segunda etapa: comprende el estudio comparativo de variedades y clones avanzados de patata, que dan a conocer su comportamiento agronómico, productividad y adaptación a la zona seleccionada, han sido tratados en el Capítulo VI.
- Tercera etapa: evaluación de los efectos de diferentes distanciamientos sobre algunos índices del crecimiento y desarrollo del cultivo de las variedades y clones avanzados seleccionados, los que han sido tratados en el Capítulo VI.
- Cuarta etapa: evaluación temporal de la aplicación del compost de RU y otras enmiendas orgánicas en las variedades seleccionadas y determinar los contenidos de metales pesados presentes en los tubérculos a través del tiempo, están presentados en el Capítulo VII.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra situado en Tobar, municipio situado en la provincia de Burgos (Comunidad Autónoma de Castilla y León, España), perteneciente a la Comarca de Odra del Pisuega, y situado a 35 km al noroeste de Burgos (**Figura 3.1**).

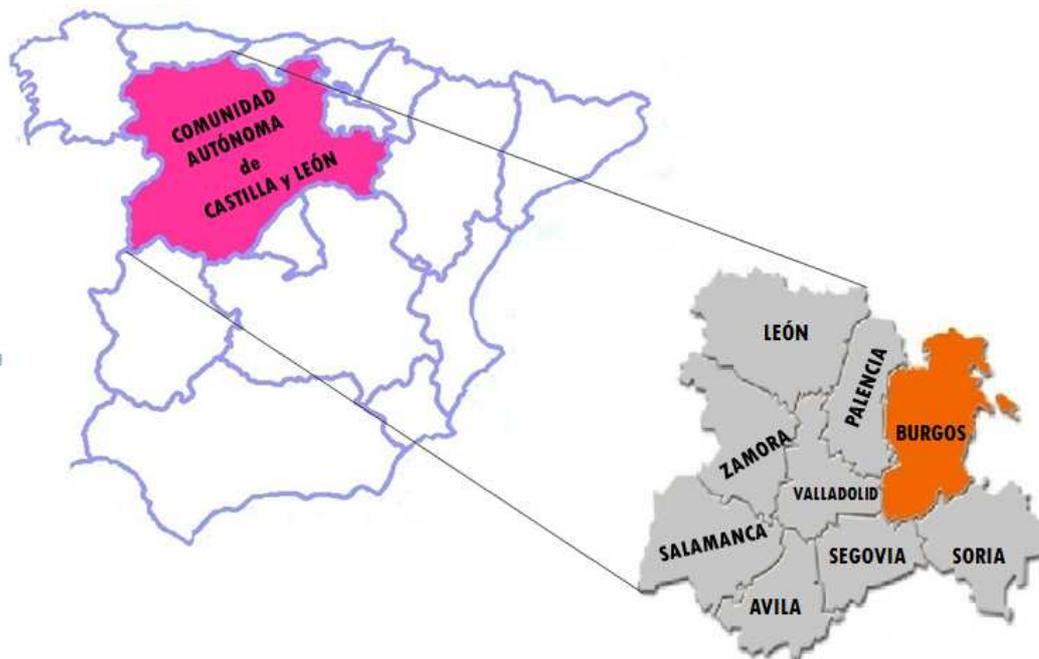


Figura 3.1.- Mapa de España y mapa de la Comunidad Autónoma de Castilla y León

3.1. Características generales de la provincia de Burgos

La provincia de Burgos se encuentra situada al norte de la Península Ibérica, dentro de la Comunidad Autónoma de Castilla y León y su capital es la ciudad de Burgos. Limita por el norte con las comunidades autónomas de Cantabria y el País Vasco, donde la Cordillera Cantábrica juega el papel de frontera natural entre la Meseta Norte y la costa cantábrica. Por el sur con la provincia de Segovia, por el este con el extremo superior de la Cordillera Ibérica, que la separan de la comunidad autónoma de La Rioja y la provincia de Soria, limitando con las provincias de Valladolid y Palencia por el oeste.

Geográficamente se encuentra comprendida entre los paralelos de latitud norte 43°12' y 41°32' y los meridianos de longitud oeste 2°33' y 4°19', datos referidos al conjunto de provincias españolas en cuanto a extensión, ya que tiene un total de 1 429 103 hectáreas (MAGRAMA 2014), representando el 2.7% de la superficie de la nación y el 14.95% del total de Castilla y León.

3.1.1. Relieve y Litología

En la provincia de Burgos se aprecian dos tipos de paisaje bien diferenciados, las montañas (situadas al norte y al sureste) y las llanuras que ocupan el resto del territorio en forma de páramos, campiñas y riberas.

La zona montañosa que se encuentra localizada en el norte provincial y forma parte de las estructuras morfológicas vinculadas a la Cordillera Cantábrica, que alcanzan una gran extensión, en ella existen notables sierras bien diferenciadas, de manera que se localizan las cumbres más importantes de la provincia, pero no las de mayor altitud, encontramos a Cotero (1 500 m), Castrovalnera (1 718 m) y el Picón del Fraile o Las Motas (1 632 m).

El cuadrante Burgalés que pertenece a la Cordillera Ibérica se sitúa al sureste, donde destaca la Sierra de la Demanda, la más desarrollada de las montañas burgalesas, que incluye la máxima culminación provincial en el Pico de San Millán, con 2131 m de altitud, a cuyos pies nace el Arlanzón. Al suroeste, separado por el sector deprimido de Pineda, se alza otro bloque, que en el Pico Mencilla se eleva hasta los 1.929 m. Después de la fosa de Tinieblas y de la Sierra de Casarejo, las estructuras plegadas de la orla mesozoica, se inician más al oeste, extendiéndose desde la Tierra de Lara hasta la Tierra de Pinares, en forma de largos pliegues, que han dado lugar a un relieve en el que se suceden sinclinales colgados, bóvedas anticlinales, pasillos ortoclinales, y depresiones. Son destacables, las sierras de Mencilla (1929 m), las cuarzoarenitas jurásicas que se elevan en la Sierra de Neila que alcanzan los 2049 m en el Alto de la Campiña, donde se aloja el complejo lacustre al que da nombre la "Laguna Negra" y el Urbión ("Pico Urbión", 2228 m) que también pertenecen a este sector.

En el centro, sur y oeste de la provincia se extiende una sucesión de llanuras, que han sido modeladas por la erosión a lo largo del Cuaternario sobre materiales depositados durante el Terciario y que drenadas por el Duero forman varios conjuntos de páramos, campiñas y riberas, con altitudes comprendidas entre los 900 y 1020 m.

El accidentado relieve burgalés y las variaciones estacionales en el caudal caracterizan el sistema hidrológico de la provincia. Los ríos más importantes que recorren la provincia reparten sus desembocaduras de la siguiente forma: el río Cadagua desemboca en el Cantábrico, el Ebro recoge las aguas del norte para llegar al Mediterráneo y, por último, el Duero (el curso fluvial más importante de la provincia) finaliza en el océano Atlántico. Hay que destacar la presencia en esta región del Parque Natural del Cañón de Río Lobos, situado entre las estribaciones de la Cordillera Ibérica y la alta meseta del Duero, abarcando también parte de la provincia de Soria.

3.1.2. Geología

La geología del territorio de Burgos se define por una gran variedad litológica, entre los que se encuentran las montañas y las llanuras. Estas unidades son el resultado a través del tiempo de una génesis y evolución muy compleja, partiendo del viejo zócalo que forma la base peninsular, constituyendo y deformando el relieve de la zona.

En la sierra de la Demanda aparecen los materiales más antiguos, alternando algunas series de conglomerados, con areniscas y esquistos, los cuales datan de la era Primaria hace 600 millones de años (Cámbrico). Sobre estos materiales, con una extensión menor, aparecen otras rocas detríticas, cuarcíticas y areniscosas, esquistos y formaciones flysch, del Ordovícico. Por último, existen varios afloramientos del Carbonífero (entre 350 y 270 millones de años) que incluyen conglomerados, areniscas, gravas, esquistos y calizas, así como cuatro capas de carbón, que fueron objeto de explotaciones mineras hoy cerradas.

Al sur de la provincia también aparece el Cámbrico en la serrezuela de Pradales (*Figura 3.2*).

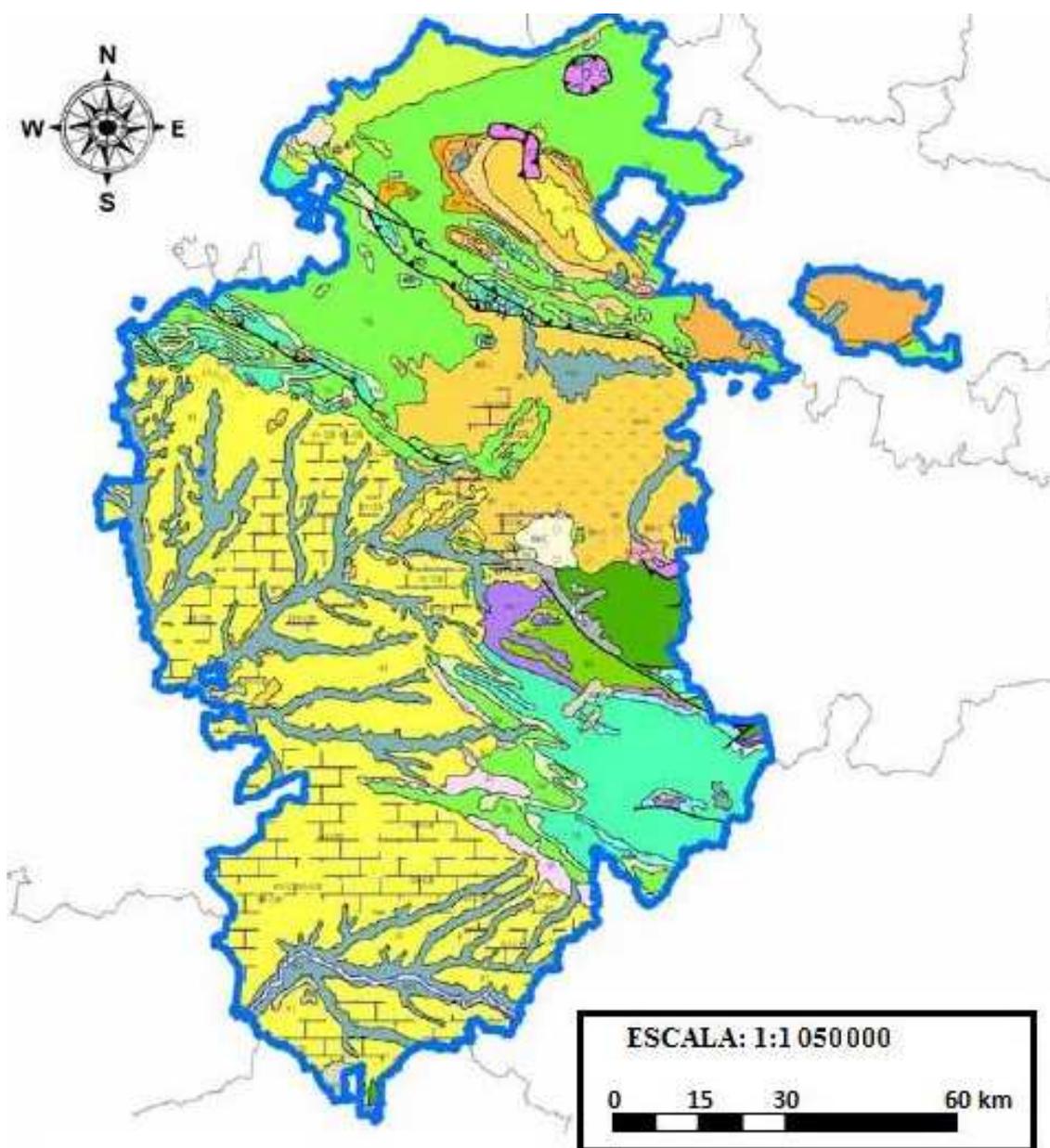


Figura 3.2.- Mapa Geológico de la Provincia de Burgos. Leyenda Anexo I

Constituida por depósitos mesozoicos del Trías, Jurásico y Cretáceo, se encuentra la parte meridional de la Cordillera Cantábrica aunque éstos también tienen representación en la sierra de la Demanda

En el norte de Burgos, el Trías se encuentra representado por las arcillas rojas del Keuper, que debido a su alto contenido en sales se han aprovechado desde la antigüedad en las Salinas del Rosío y Poza de la Sal.

Compuestas por conglomerados, areniscas, y principalmente por arcillas, arcillas arenosas, margas con yesos y las calizas del páramo se encuentran las rocas que dan lugar a las llanuras del centro, oeste y sur de la provincia y que pertenecen al Terciario (entre 70 y 1.8 millones de años), al igual que la cuenca del Bureba y las tierras de Miranda y Condado de Treviño.

Conformando una buena base para los terrenos de cultivo se aprecian los materiales del Cuaternario que han sido depositados por los ríos en el fondo de los valles y entre ellos tienen especial importancia las gravas (de cuarcita o caliza) junto con materiales finos, limo arcillosos

3.1.3. Edafología

Dentro de la provincia de Burgos destaca el sistema edáfico Xerochrept, similar a los suelos del resto de la Península Ibérica. Este Inceptisol, domina con el 49.7% los suelos de la superficie provincial, y pertenece al suborden de los Ochrept. La categoría denominada Xerorthent con un 15.7% la podemos apreciar desde la franja sur de la provincia de Burgos extendiéndose hacia la parte central, caracterizándose por ser suelos jóvenes asociados a altas pendientes (**Figura 3.3**)

En el área norte de la provincia destacan suelos con un mayor régimen de humedad, como es el caso de los Ustochrept, conformando un 11.5% de superficie; son los Ochrept con coloraciones pardas o rojizas de las regiones subhúmedas a semiáridas, la mayoría de ellos cálcareos, con una profundidad media. Los suelos que se encuentran en menor proporción, cubriendo sólo un 9.3% de la superficie, asociados a la cuenca de los ríos Arlanzón y Duero, las asociaciones Xerorthent + Xerofluvent, al igual que el grupo Xerumbrept, caracterizados por presentar un epipedón úmbrico y un régimen de humedad xérico, que conforman un 7% de la superficie provincial, asentado en gran parte de la comarca Demanda (Tabla 3.2)

Características principales de los suelos predominantes en la provincia de Burgos:

- *Xerochrept*: Son suelos profundos (100-150 cm). Régimen de humedad xérico (seco), no tienen fragipán (horizonte duro en estado seco y frágil en estado húmedo). Presentan un bajo contenido en materia orgánica, su pH es ligeramente ácido y la textura es franco-arenosa.
- *Xerorthent*: Son suelos poco evolucionados, moderadamente alcalinos pero algunos son ácidos. Tienen un contenido en materia orgánica medio. Buen drenaje, no presentan ningún horizonte de diagnóstico a menos de 1m de la

superficie del suelo. Son, en general, suelos profundos y su textura es franca o arcillosa.

- *Ustochrept*: Son suelos moderadamente básicos. Presentan un régimen de humedad ústico (húmedo). No tienen fragipán (horizonte duro en estado seco y frágil en estado húmedo). Tampoco poseen duripan a menos de 1 m. de la superficie del suelo. Presentan poco contenido en materia orgánica. Tienen una profundidad media (50-100 cm) y su textura es franco-arcillosa.
- *Xerofluvent*: Son los Fluvents que se dan en climas mediterráneos. Su evolución ha sido frenada por el continuo aporte de materiales aluvionares, debido a la sucesivas avenidas de los ríos. Suelen utilizarse para labores de regadío, encontrándose mayormente en la rivera de los ríos. Son suelos profundos (100-150 cm). Presentan un contenido medio en materia orgánica, su pH es ligeramente ácido y la textura es franco-arenosa. De buen drenaje.
- *Xerumbrept*: Son los Umbrepts de climas mediterráneos. Caracterizados por presentar un epipedón úmbrico. Tienen un régimen de humedad xérico (seco). No poseen fragipán, suelos húmedos en invierno y muy secos en verano. Son suelos profundos (100-150 cm). Ricos en materia orgánica. Son moderadamente ácidos. Textura franco-arcillosa

Tabla 3.1.- Clasificación de los Suelos de la Provincia de Burgos según la Taxonomía de suelos USDA-NRCS

Orden	Suborden	Grupo	Superficie (ha)
Alfisol	Xeralf	Rhodoxeralf	10.3
Aridisol	Orthid	Camborthid	609.2
		Fluvent	Torrifluvent
Entisol	Orthent	Xerofluvent	7 016.0
		Udorthent	3 164.1
		Ustorthent	6 584.8
		Xerorthent	223 818.0
		Xerorthent+Xerofluvent	132 462.9
Inceptisol	Ochrept	Cryochrept	1 519.8
		Dystrochrept	15 983.1
		Eutrochrept	29 759.8
		Ustochrept	163 526.9
		Xerochrept	709 508.8
	Umbrept	Cryumbrept	15 906.1
		Xerumbrept	109 483.1

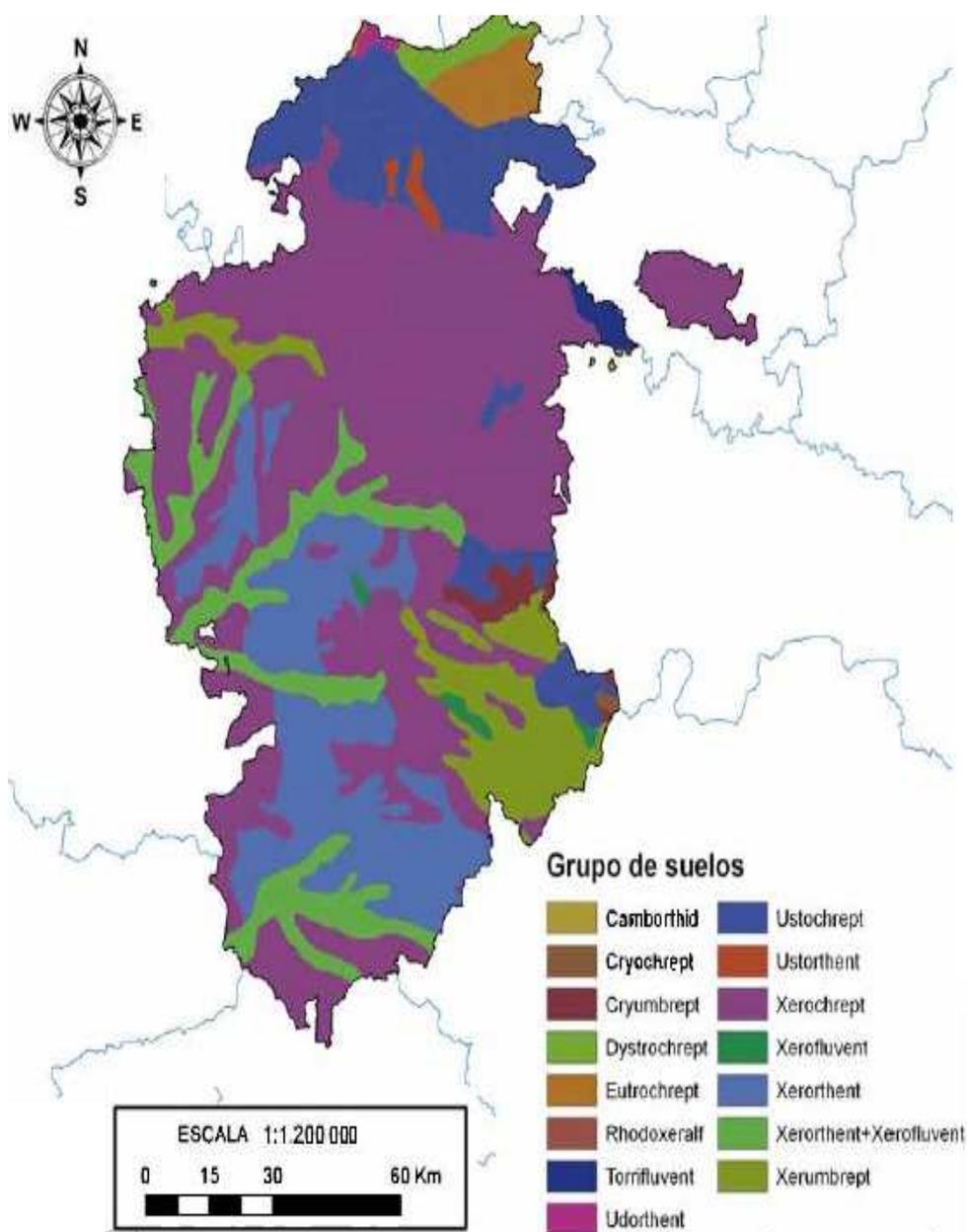


Figura 3.5.- Mapa Edafológico de la Provincia de Burgos.

3.1.4. Climatología de la provincia

La producción vegetal, como primer eslabón de la cadena alimenticia, depende del clima y condiciona la permanencia, desarrollo y evolución tanto del ambiente como de todos los seres vivos. El clima determina en gran medida las condiciones de la flora y la fauna (Navarra, 1979). Los dos elementos más importantes del clima, la temperatura y la precipitación, son altamente condicionantes, el primero, de los procesos biológicos y el segundo, de la frondosidad de la vegetación y la producción de los cultivos (Campos, 1999; Chávarri, 2004; Velasco et al., 2009).

Los diversos sistemas de clasificación climática conocidos hasta el momento (Thornthwaite, 1948; Köppen, [citado por García, 2004]; Elías *et al.*, 1996) se enmarcan en la Climatología Física, con lo cual se determinan los tipos de clima según las características y condiciones de cada lugar o región de estudio, permitiendo realizar una excelente caracterización climática de las diversas regiones (Velasco y Pimentel, 2010). Consideran el efecto del relieve y destacan la importancia de la vegetación natural en respuesta a estas condiciones climáticas, pero no consideran en toda su dimensión la interrelación suelo-agua-planta-atmósfera. Debe entenderse que son estos factores los que influyen en la vegetación tanto natural como cultivada.

Los periodos con temperaturas extremas o con riesgos de heladas y la duración de los meses o periodos secos son determinantes para las plantas cultivadas y para la agricultura, como actividad básica de muchas regiones y soporte económico y social de amplios sectores de la población, ya que las plantas cultivadas son más susceptibles al clima que la vegetación natural, dado que son el resultado de un largo y lento proceso de manipulación humana, para adaptarlos a las situaciones naturales y obtener de ellos mayores rendimientos. Así, la resistencia de la vegetación natural se ha relegado a cambio de una mayor productividad, aspectos que sí son considerados en el sistema de clasificación agroclimática de J. Papadakis, el cual permite evaluar la potencialidad y limitaciones de las diversas zonas climáticas, en términos de los cultivos.

El clima de la provincia es mediterráneo continental moderado. El clima viene determinado por la considerable altitud media de la región (700 m) y por la presencia de la Cordillera Cantábrica, que actúa como un muro frente a la influencia del Atlántico, dando lugar a un clima continental de inviernos largos y duros, con temperaturas mínimas que en ocasiones descienden de los -10°C y veranos secos, con influencias mediterráneas en el régimen de precipitaciones, fluctuando entre los 400 y 600 mm. La estación más lluviosa es la primavera, mientras que el verano es suave y mucho menos húmedo que en la España atlántica.

Los datos climáticos de las 72 estaciones pluviométricas (27 de ellas termopluviométricas) repartidas por toda la provincia, señalan que la precipitación anual media para toda la provincia es de 629.5 mm, siendo concretamente la estación de Pantano de Ordunte la que presenta un mayor valor (1 168.6 mm). La pluviometría máxima en 24 h está registrada en la misma estación de Pantano de Ordunte con 61.6 mm. En lo que a la temperatura se refiere. Dichas estaciones recogen una temperatura media anual de 11.1°C . El mes más cálido es julio con una temperatura media de 19.96°C y el más frío enero, con 3.4°C . La temperatura media mensual de máximas del mes más cálido obtenida en la estación de Aranda del Duero es de 30.6°C y las mínimas absolutas registrada en la estación de Hontoria del Pinar es de -13°C (MAGRAMA, 2012).

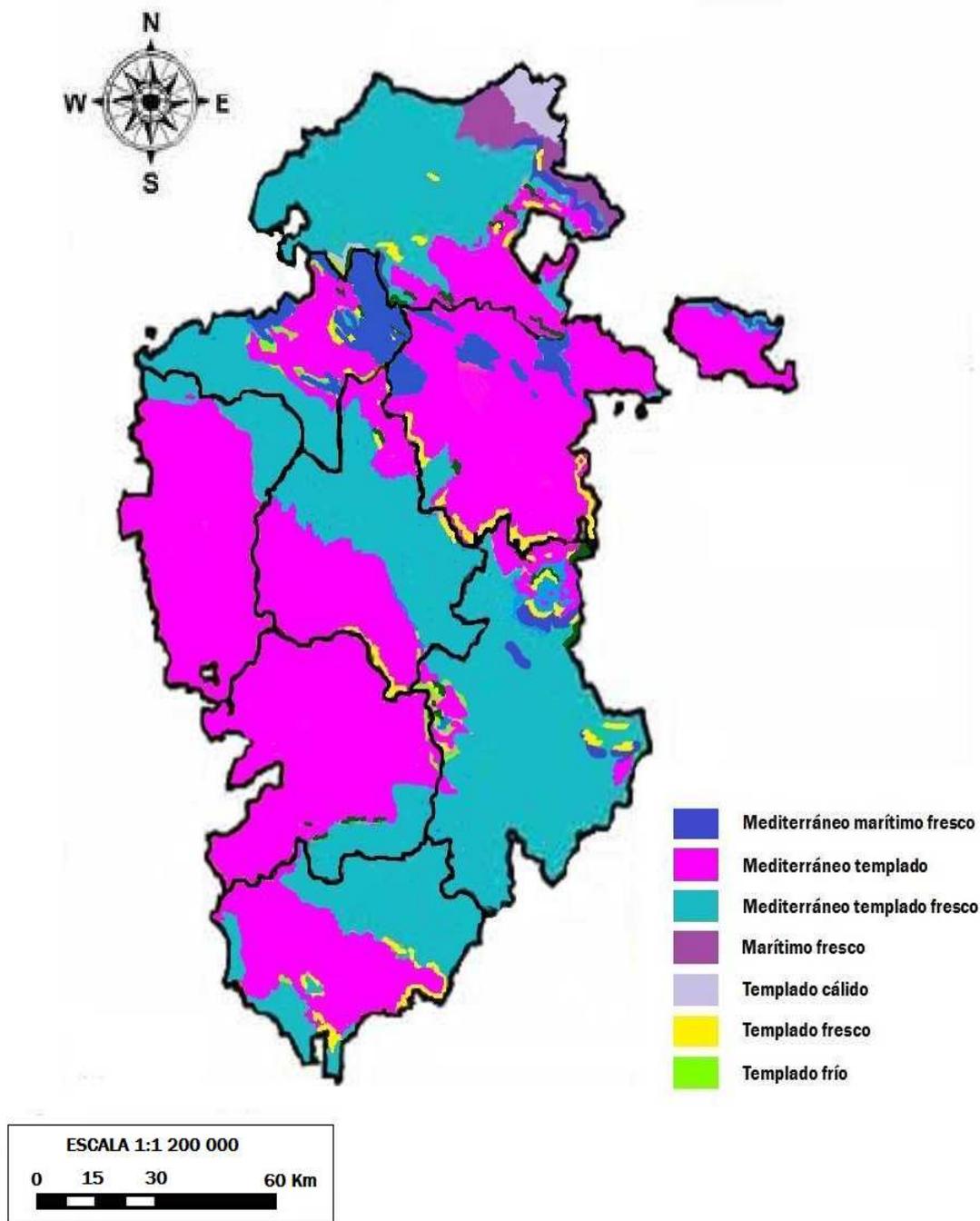


Figura 3.4.- Mapa de la Clasificación Agroclimática de Papadakis para la provincia de Burgos, mostrando sus tipos climáticos.

Para evaluar las posibilidades de los diferentes cultivos en la provincia de Burgos, se acude a la clasificación agroclimática de J. Papadakis, debido a la relación directa con los cultivos agrícolas, la cual establece zonas aptas para determinados cultivos “tipo”, dependiendo del rigor invernal (tipo de invierno), calor estival (tipo de verano) y la aridez y su variación estacional (régimen de humedad), basándose exclusivamente en los siguientes parámetros meteorológicos: temperatura media de las máximas, temperatura media de las mínimas, temperatura media de las mínimas absolutas y la precipitación mensual. Además, al basarse en parámetros exclusivamente climáticos, permite establecer relaciones

climáticas entre zonas de la misma latitud (homoclimas) con la posible introducción de nuevas variedades o ecotipos para una mejor ordenación de zonas óptimas de cultivo.

Según dicha ecología de los cultivos establecida por Papadakis, la provincia de Burgos cuenta con 4 tipos climáticos principales que se pueden observar en la **Figura 3.4: Mediterráneo templado, Mediterráneo templado fresco, Templado cálido y Marítimo fresco**. Ocupando la geografía más montañosa de la provincia burgalesa aparece el tipo *Mediterráneo templado fresco*, mientras que el *Mediterráneo templado* predomina en el resto del territorio a excepción de la región situada más al noroeste, donde se encuentran los tipos *Marítimo fresco* y *Templado cálido*.

3.1.5. Clasificación Agroclimática de J. Papadakis para la Provincia de Burgos

Papadakis, en 1952, realiza una clasificación del clima en función de las zonas agrícolas; para ello tiene en cuenta factores que son de gran importancia para la viabilidad de los cultivos, como son la severidad y duración de los inviernos y el calor de los veranos. Papadakis considera que no son los valores absolutos de los factores climáticos los más representativos de una clasificación agroclimática, sino las respuestas de los distintos cultivos a los índices obtenidos a partir de valores extremos de los factores meteorológicos, que son más representativos y limitantes. Para poder definir el clima de una zona es imprescindible conocer las medias de las temperaturas máximas y mínimas, las temperaturas medias de las mínimas absolutas, la precipitación acumulada y la evapotranspiración potencial. A partir de estos valores se delimitan el tipo de invierno, el tipo de verano y el régimen hídrico. Combinando estos tres factores se determina el tipo de clima de una región. A continuación se tratarán de determinar los tipos climáticos que imperan en la región.

A) Tipo de Invierno

Se determina en función de la severidad de los inviernos de la zona, sirviéndose de la media de las temperaturas mínimas y máximas absolutas del mes más frío. En el caso de que se precise otro parámetro para especificar el tipo de invierno, se utiliza la temperatura media de las mínimas absolutas anuales. En la provincia de Burgos se pueden distinguir dos tipos de invierno. El invierno de **tipo Avena fresco** abarca casi la totalidad de la provincia, aunque en áreas determinadas, como al sur de la comarca Páramos junto con el norte de Arlanzón y el suroeste de Demanda, aparece el tipo **Trigo-avena** (Tabla 3.2).

B) Tipo de Verano

Este parámetro considera una estación libre de heladas. La duración de este periodo, en meses, se calcula a partir de las temperaturas medias de las mínimas absolutas correspondientes a cada mes. Determina los tipos de verano dependiendo de los cultivos posibles durante la estación cálida. En la provincia de Burgos, el tipo de verano predominante es el **Maíz**, exceptuando a las áreas de mayor altitud de la región, ya que en ellas se encuentra definido el tipo *Triticum menos cálido* (Tabla 3.3).

C) Régimen de Humedad

Considera diversos parámetros como el grado y distribución de las precipitaciones (P) a lo largo del año y la evapotranspiración potencial (ETP), obteniendo con ello la lluvia de lavado (Ln) y el índice de humedad (Ih). Tanto el régimen como el índice de humedad se calculan en base a un balance hídrico en el que se relaciona la precipitación y la evapotranspiración mensual, según el gasto de agua existente en el suelo. Papadakis creó un modelo de cálculo de la ETP basado en el déficit de saturación del aire y lo utilizó para clasificar el carácter seco o húmedo de un mes según el coeficiente de humedad corregido (Ch) el cual se calcula: $Ch = (P \text{ mensual} + RU)/ETP$; donde RU es la reserva útil del suelo. De esta forma los meses se clasifican en húmedos y secos. Con estos criterios esta clasificación agroclimática establece diversos regímenes y subregímenes.

En la Tabla 3.4 se puede observar el régimen de humedad que domina en la provincia de Burgos que es el *Mediterráneo húmedo*, con una amplia zona de *Mediterráneo seco* que se adentra en una franja por el suroeste, atravesando la mitad inferior de la provincia. El área situada más al nordeste del territorio burgalés se caracteriza por un régimen de humedad del tipo *Húmedo*.

Tabla 3.2.- Clasificación Agroclimática de Papadakis para Tipos de Invierno en la Provincia de Burgos

Símbolo	Tipo de invierno en la zona	Característica del invierno	Temperaturas media del mes más frío	
			Mínimas absolutas	Máximas absolutas
av	Avena fresco	Invierno suficientemente suave para sembrar avena en otoño, pero demasiado frío para cultivar cítricos.	Superior a -10°C	Intervalo se sitúa entre 5°C y 10°C
Tv	Trigo-Avena	Invierno suficientemente suave para plantar trigo en otoño pero demasiado frío para plantar avena.	Intervalo se sitúa entre - 29°C y - 10°C	Es de 5°C

Tabla 3.3.- Clasificación Agroclimática de Papadakis para Tipos de Verano en la Provincia de Burgos

Símbolo	Tipo de Verano en la zona	Característica del Verano	Precisa de un periodo en meses cálidos	
			T. media de las máximas	Estación libre de heladas
M	Maíz	Verano suficientemente cálido para cultivar maíz pero no para cultivar arroz.	6 meses consecutivos Superior a 21°C	Superior a 4.5 meses
t	Triticum menos cálido	Verano suficientemente cálido para cultivar Trigo pero no para cultivar maíz.	4 meses consecutivos Superior a 17°C	Entre 2.5 y 4.5 meses

Tabla 3.4.- Clasificación Agroclimática de Papadakis para Regímenes de Humedad en la Provincia de Burgos

Símbolo	Régimen de Humedad	Lluvia de lavado (Ln)	Índice anual de humedad (Ih)
ME	Mediterráneo húmedo	Es mayor que el 20% de la ETP anual	Es mayor de 0.88
Me	Mediterráneo seco	Es menor que el 20% de la ETP anual	Entre 0.22 y 0.88. En uno o más meses con temperatura media de las máximas superior a 15°C
Hu	Húmedo	Es mayor que el 25% de la ETP anual	Mayor de 1. uno o más meses no son húmedos

3.1.6. Distribución general de las tierras por grupos de cultivo y aprovechamientos de suelo, para la provincia de Burgos.

Los datos proceden del MAGRAMA (2014), las superficies geográficas provinciales de referencia son las que publica el Instituto Nacional de Estadística. La Consejería de Agricultura y Ganadería, Servicio de Estadística, Estudios y Planificación Agraria de la Junta de Castilla y León (2014), aportan también información diferenciada por cada provincia.

En Castilla y León, la producción agrícola representa el 46.3% de la producción final agraria, frente al 47.4% que corresponde a la producción ganadera. Los campos de Castilla y León son fértiles. Predomina el cultivo de secano en general, aunque han ido desarrollando un abundante regadío en los valles de ríos como el Duero, el Pisuerga, el Carrión o el Tormes. Sólo un 10% de la superficie se explota en régimen de regadío, con parcelas de producción intensiva, mucho más rentables que los cultivos de secano. En las provincias de Burgos, Soria y León, el peso de la agricultura es superior al de la ganadería, mientras que en las provincias de Salamanca, Zamora, Segovia y Ávila predomina el sector ganadero. En el caso de Valladolid y Palencia existe un equilibrio entre ambas actividades. El empleo de tecnologías agrarias adecuadas ha convertido a las provincias de Burgos y Valladolid en algunas de las que más producción por cada hectárea cultivada presenta en el conjunto de España.

Tabla 3.5.- Grandes grupos de usos y aprovechamientos del suelo en la Comunidad de Castilla y León (ha)

Provincias de la Comunidad Autónoma	Tierras de Cultivo	Prados y Pastizales Permanentes	Superficie Forestal Arbolada	Otras Superficies	Total de la Superficie Geográfica
Ávila	185 866	356 801	188 739	73 586	804 992
Burgos	613 153	224 795	504 021	87 134	1 429 103
León	327 357	224 581	809 342	196 901	1 558 181
Palencia	477 191	56 416	197 870	73 774	805 251
Salamanca	288 836	655 323	168 316	122 520	1 234 995
Segovia	269 768	127 995	224 856	69 656	692 275
Soria	376 266	23 041	418 338	213 072	1 030 717
Valladolid	589 575	15 644	132 978	72 851	811 049
Zamora	413 108	221 229	280 559	141 230	1 056 126
Castilla y León	3 541 121	1 905 824	2 925 018	1 050 725	9 422 689

La Economía de la provincia burgalesa se basa en las actividades primarias de carácter eminentemente rural, donde adquiere especial relevancia el cultivo de los cereales, leguminosa y vid, aunque también es importante la cría de ganado lanar y vacuno.

En esta provincia las tierras de cultivo suman 613 153 ha y representan el 42.90% de la superficie geográfica total, los prados naturales y pastos permanentes el 15.73%, la superficie forestal arbolada representa el 35.27% y el resto de otras superficies, el 6.10% (Tabla 3.5).

Según los datos del MAGRAMA (2014) y de los boletines de Información Agraria

de la Junta de Castilla y León (2014), en la Tabla 3.8, es posible distinguir la distribución de la tierra agrícola por grupos de cultivos, mostrando que los cultivos herbáceos son los más importantes y ocupan en la provincia de Burgos una superficie de 529319 ha, representando el 86.33% con respecto del total de tierras de cultivo (613153 ha). También, cabe destacar dentro de este grupo, la importancia de los cereales, los cultivos industriales y las leguminosas que ligeramente sobrepasan los 508424 ha (Tabla 3.7). Los cultivos leñosos representan el 3.16% de las tierras cultivadas en la provincia, las áreas consideradas como barbecho suman el 10.17% y las correspondientes a huertos familiares unos 2123 ha (0.36%).

Dentro de las áreas ocupadas por los cultivos herbáceos (529319 ha), según se puede advertir en la Tabla 3.6, son los cereales los que más sobresalen en superficie cultivada (80.58%) en comparación a los cultivos industriales (12.15%) o a las tierras dedicadas a leguminosas de grano (3.33%) o a tubérculos de consumo humano (0.53%). Del total de las tierras dedicadas a cultivos herbáceos el 96.89% se llevan bajo secano y el resto bajo el sistema de regadío (3.11%).

Tabla 3.6.- Cultivos Herbáceos. Distribución de la Tierra por Sistemas de cultivo en la Provincia de Burgos

Distribución General de las Tierras dedicadas a Cultivos Herbáceos	Superficie (ha)		
	Secano	Regadío	Total
Tierras ocupadas por Cereales de grano	417 979	8 531	426 510
Tierras ocupadas por Leguminosas de grano	17 591	21	17 612
Tubérculos de consumo humano	529	2 233	2 762
Cultivos Industriales	62 403	1 899	64 302
Cultivos Forrajeros	14 150	3 406	17 556
Hortalizas en campo	217	360	577
Total de Cultivos Herbáceos	512 869	16 450	529 319

En la provincia de Burgos del total de las tierras ocupadas por los cereales de grano, el Trigo es el que predomina con 244465 ha, de las 426510 ha dedicadas a estos cultivos (Tabla 3.7), representando el 57.32%, en comparación con las áreas dedicadas a la cebada (38.37%), al centeno (1.58%) o a la avena (1.20%); encontrándose bajo secano la mayoría de estas tierras, casi el 98%. El uso de dichas tierras tiene carácter dominante en toda la provincia, teniendo especial importancia en las Campiñas de Villadiego, Tobar, Arlanza, Miranda de Ebro, La campiña de la Bureba y del Duero.

El regadío supone una escasa superficie del total de tierras de cultivo (2 %), localizándose la mayor parte del mismo en la Ribera del Duero y Pisuerga, en torno a Burgos y Miranda de Ebro, siendo frecuente el desarrollo de industrias de transformación agraria (azucareras y otras), relacionadas con el cultivo de hortalizas y remolacha. Los cultivos en regadío son generalmente de alternativas a base de cereal, patata, remolacha y alfalfa, aunque en los últimos años también se ha introducido el maíz. En cuanto a las superficies dedicadas a las leguminosas de grano, destaca la veza con 9390 ha de las 17612 ha, lo que representa un 53.32% frente a los guisantes (28.74%) o a otras leguminosas que se cultivan en la provincia de menor superficie como son los yeros, garbanzos, habas, judías, etc. (17.94%).

Tabla 3.7.- Cultivos Herbáceos. Distribución de la Tierras por cultivos (ha) en la Provincia de Burgos

Cereales de grano	Superficie (ha)	Leguminosas	Superficie (ha)	Cultivos Industriales	Superficie (ha)
Trigo Total	244 465	Veza	9 390	Girasol	62 174
Cebada Total	163 643	Guisantes	5 062	Remolacha	1 253
Centeno	6 718	Yeros	1 881	Colza	479
Avena	5 107	Garbanzos	302		
Triticale	4 976	Algarroba	145	Otros cultivos Ind.	396
Otros cereales inv.	265	Habas secas	60		
Maíz	1 336	Otras legum.	772		
Total Cereales de Grano	426 510	Total Legum. de Grano	17 612	Total de Cultivos Industriales	64 302

En cuanto al cultivo del girasol, es el que más aventaja a otros cultivos como la remolacha, la colza o la soja, ocupando el 96.69% de las superficies destinadas a cultivos industriales, hallándose bajo secano casi el 97% de la superficie destinada a estos cultivos (Tabla 3.8).

De la superficie destinada a cultivos leñosos, unas 19370 ha en la provincia, predominan las áreas dedicadas a los viñedos, que suman 17680 ha (91.28%), seguido de otros frutales (8.72%); según el sistema de cultivo empleado, unas 13897 ha se encuentran bajo secano y 5473 ha bajo riego. El barbecho y las tierras no ocupadas suponen el 4.36% de la superficie total de la comarca y un 10.17% respecto de las tierras de cultivo. Prados, pastizales y matorrales engloban la superficie destinada al uso ganadero. Este tipo de uso ocupa una importante superficie cuyo aprovechamiento se destina al ganado ovino explotado en régimen extensivo, destinado a la producción de carne y lana (blanca, basta y entrefina). Algunos prados están representados en las zonas de mayor humedad, como en los valles de La Demanda, Sotoscueva y Manzanedo, algunos montes de transición que permiten el desarrollo de la cabaña bovina (CdAMB., 1980) La superficie de prados naturales supone el 12.81% frente a las pasturas permanentes que suman el 87.19% exclusivamente bajo sistema de secano.

En cuanto al terreno forestal se suman unas 504021 ha, en las que destacan las especies frondosas (47.50%) en comparación a las coníferas (25.28%), los chopos (1.93%), los matorrales (11.73%) y otras especies (Tabla 3.8). En cuanto a las otras superficies (87134 ha) tienen gran representación la superficie no agrícola (47 639 ha), el terreno baldío (13504 has) y el erial a pastos (11353 ha), mientras que la superficie de terreno improductivo (8 171 ha) y los ríos y lagos (6 464 ha) son los que ocupan menor superficie.

Tabla 3.8.- Distribución de la Tierra (ha) por grupos de cultivo y aprovechamientos para la Provincia de Burgos

Distribución General de las Tierras	Superficie (ha)		
	Secano	Regadío	Total
Tierras de Cultivo y Barbechos			
Tierras ocupadas por Cultivos Herbáceos	512 869	16 450	529 319
Tierras ocupadas por Cultivos Leñosos	13 897	5 473	19 370
Huertos familiares	1 273	850	2 123
Barbechos y otras tierras no ocupadas	61 745	596	62 340
TIERRAS DE CULTIVO	589 784	23 369	613 153
Prados Naturales y Pastizales Permanentes			
Prados Naturales	28 689	112	28 801
Pastizales Permanentes			
• Alta Montaña	7 147	-	7 147
• Pastizal	142 996	-	142 996
• Pastizal-Matorral	45 851	-	45 851
Pastizales Permanentes	195 994	-	195 994
PRADOS NATURALES Y PASTIZALES P.			224 795
Superficie Forestal			
Coníferas	127 417	-	127 417
Fronosas	236 705	2 715	239 420
Chopos	9 725	-	9 725
Matorral	59 112	-	59 112
Otros	68 347	-	68 347
SUPERFICIE FORESTAL			504 021
Otras Superficies			
Erial	11 353	-	11 353
Espartizal	3	-	3
Baldío	13 504	-	13 504
Improductivo	8 171	-	8 171
No agrícola	47 639	-	47 639
Ríos y Lagos	6 464	-	6 464
OTRAS SUPERFICIES			87 134
SUPERFICIE TOTAL			1 429 103

3.1.7. Superficie y Municipios de las Comarcas Agrarias de la Provincia de Burgos

Administrativamente, Burgos es la provincia de España con el mayor número de municipios: se encuentra dividida en 371 municipios, agrupados en 8 Comarcas Agrarias, según se indica en la Tabla 3.9 y en la Figura 3.5.

Tabla 3.9.- Datos de superficie y número de municipios de las Comarcas Agrarias de Burgos.

Comarca Agraria	Superficie (ha)	Superficie (%)	Municipios
Arlanza	172 348	12.29	51
Arlanzón	174 400	12.44	55
Bureba-Ebro	211 938	15.11	76
Demanda	194 592	13.88	58
La Ribera	157 520	11.23	56
Merindades	233 896	16.68	22
Páramos	102 395	7.30	11
Odra del Pisuerga	155 094	11.06	42
Total provincia	1 402.183	100	371

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y MAGRAMA 2012

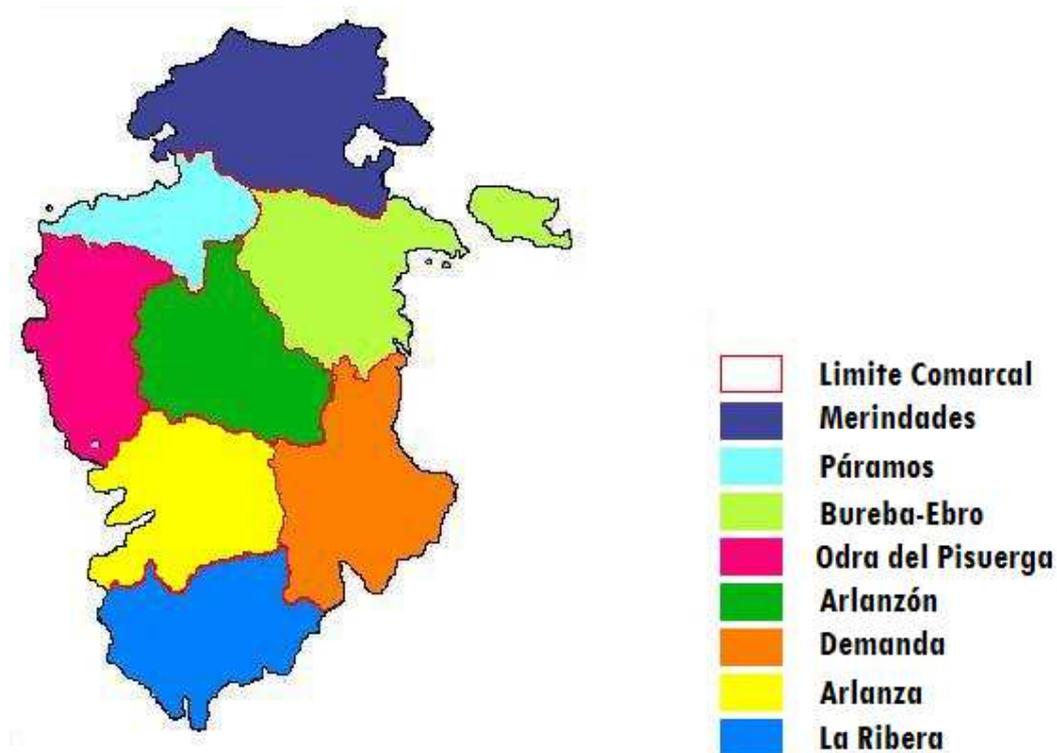


Figura 3.5.- Mapa de las Comarcas Agrarias de la provincia de Burgos

El área de estudio comprende algunos suelos agrícolas localizados en el municipio de Tobar, pertenecientes a la Comarca Agraria de Odra del Pisuerga.

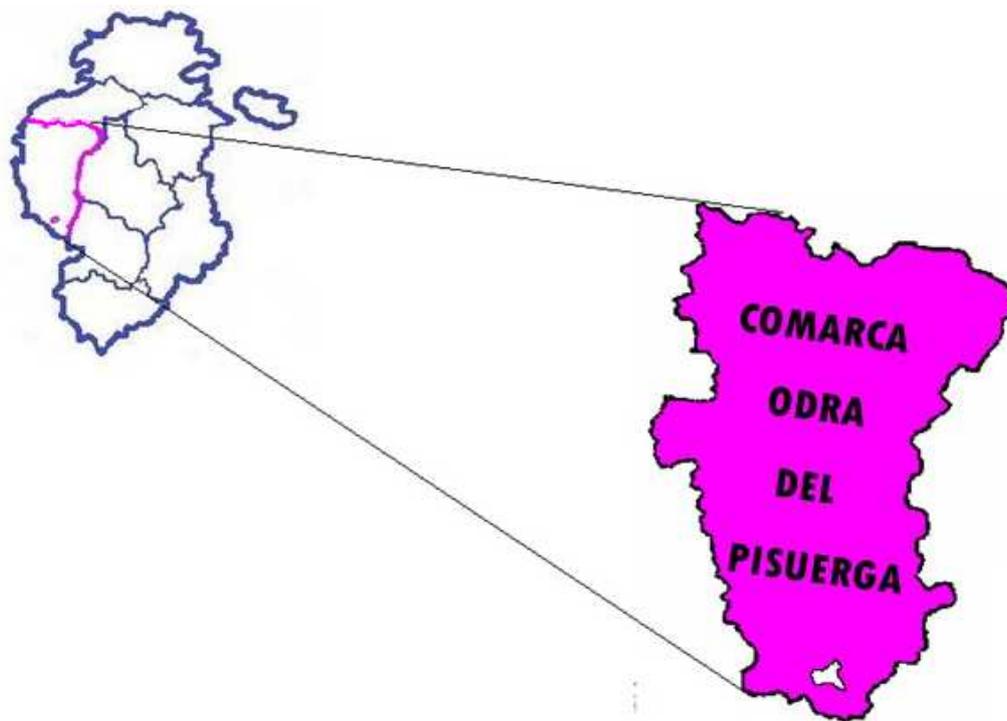


Figura 3.6.- Mapa de la Provincia de Burgos y Mapa de la Comarca Agraria de Odra del Pisuerga

3.2. Características geográficas de la Comarca de Odra del Pisuerga

Administrativamente, la comarca de Odra del Pisuerga se encuentra compuesta por 42 municipios, con una superficie total de 155094 ha, siendo los más extensos Villadiego (327.96 km²), Sotresgudo (172.19 km²) y Castrojeriz (136.07 km²). Esta comarca debe su nombre a la importancia que el río Pisuerga ha tenido a lo largo de su historia. Se localiza en plena cuenca del Pisuerga, donde predomina el relieve plano, únicamente en el límite septentrional se puede encontrar el pico de Amaya (1362m). La altimetría de esta área oscila entre 777 y 1363 m, con pendientes suaves del 1 al 4%. Además del río Pisuerga, también bañan esta región los ríos Brulles, Odra y Arlanzón.

3.2.1. Geología de la Comarca de Odra del Pisuerga

El sustrato geológico está compuesto principalmente por los siguientes materiales originarios (Figura 3.7):

- Neógeno: Arcillas arenosas, calizas del páramo, arcillas, margas yesíferas, rañas, arcillas con pudingas y areniscas.

- Cuaternario: Aluviones, piedemonte y dunas.
- Cretácico: Areniscas, conglomerados, margas y calizas.
- Jurásico: Margas, calizas margosas, calizas y dolomías.

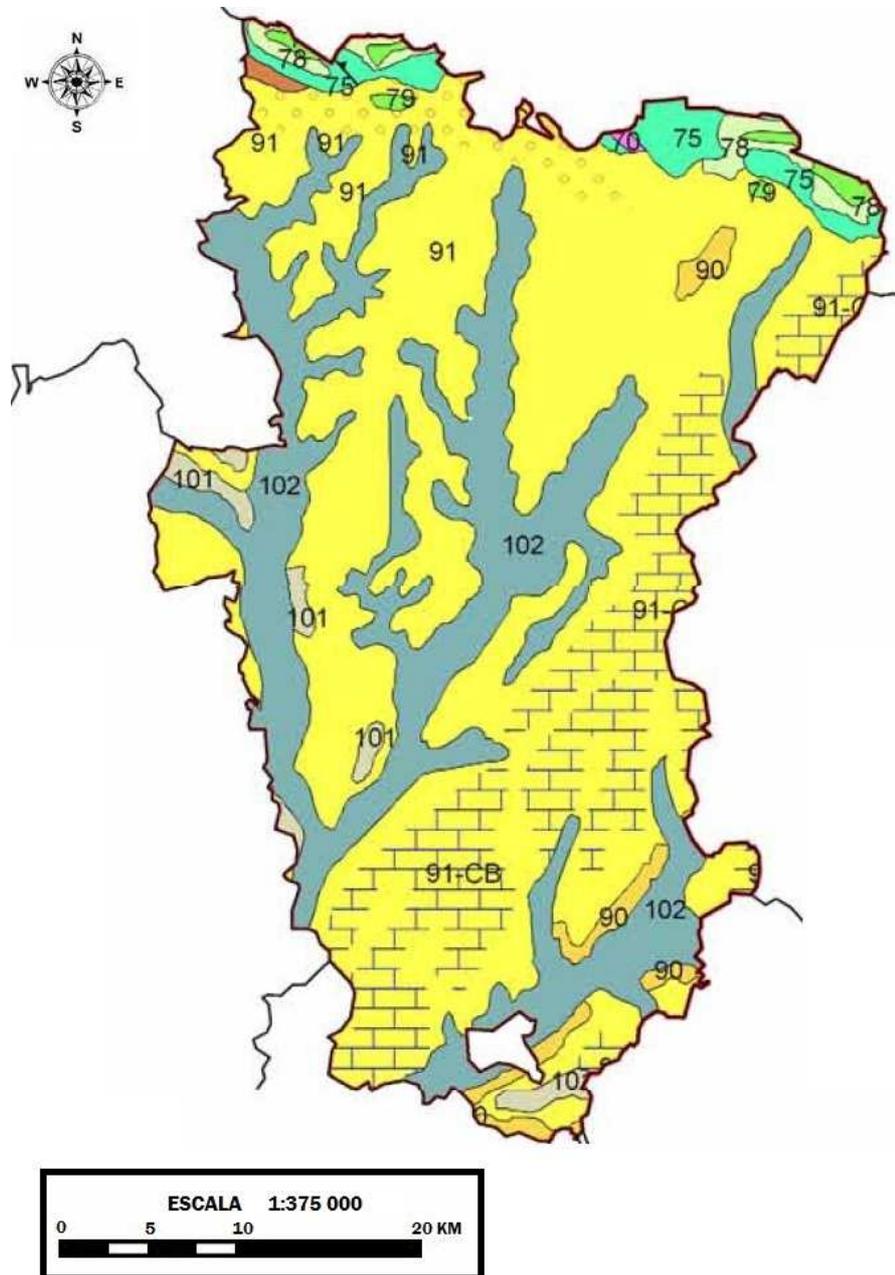


Figura 3.7.- Mapa Geológico de la Comarca Agraria de Odra del Pisuerga. Leyenda Anexo I.

3.2.2. Edafología de la Comarca de Odra del Pisuerga

Según la Taxonomía de suelos del USDA-NRCS, dentro de esta Comarca, al igual que ocurre con el resto de la Provincia de Burgos y el resto de la Península Ibérica, destaca el sistema edáfico Xerochrept, con un 53% de la superficie, el cual corresponde a un Inceptisol que pertenece al suborden de los Ochrept. Por su parte la Categoría Xerorthent (42% de superficie), se concentra en la franja sureste de la comarca, encontrándose en menor proporción y cubriendo sólo un 5% de la superficie el grupo Xerumbrept, identificado por presentar un epipedón úmbrico y un régimen de humedad xérico, como se puede ver en la Figura 3.8.

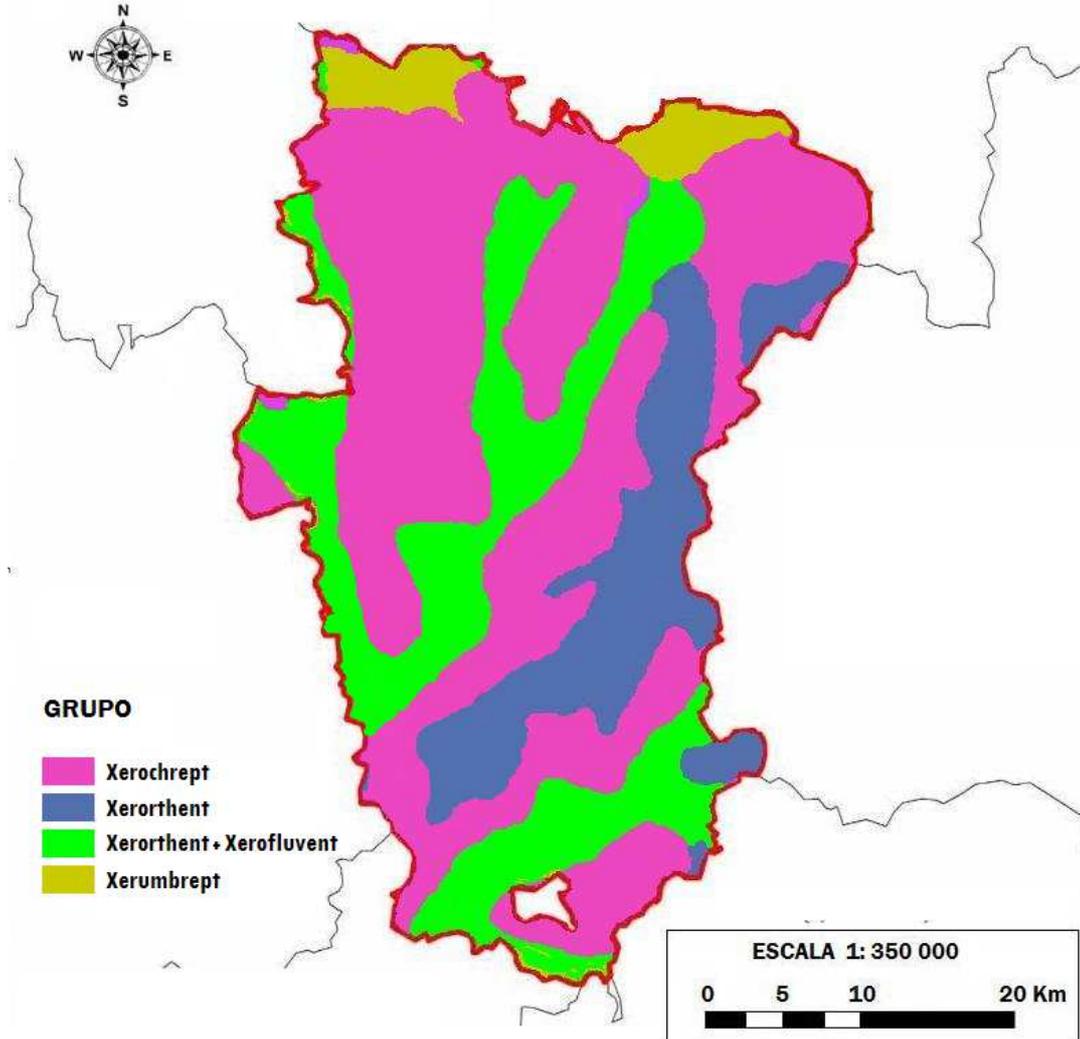


Figura 3.8.- Mapa Edafológico de la Comarca Agraria de Odra del Pisuerga.

Características principales de los suelos predominantes en la Comarca de Odra del Pisuerga:

- *Xerorthent*: Son suelos poco evolucionados, moderadamente básicos, pero algunos son ácidos. Tienen un contenido en materia orgánica medio. Buen drenaje, no presentan ningún horizonte de diagnóstico a menos de 1m de la

superficie del suelo. Son, en general, suelos profundos y su textura es franca o arcillosa.

- *Xerochrept*: Son suelos profundos (100-150 cm). Régimen de humedad xérico (seco), no tienen fragipán (horizonte duro en estado seco y frágil en estado húmedo). Presentan un bajo contenido en materia orgánica, su pH es ligeramente ácido y la textura es franco-arenosa.
- *Xerumbrept*: Son los Umbrepts de climas mediterráneos. Caracterizados por presentar un epipedón úmbrico. Tienen un régimen de humedad xérico (seco). No poseen fragipán, suelos húmedos en invierno y muy secos en verano. Son suelos profundos (100-150 cm). Ricos en materia orgánica. Son moderadamente ácidos. Textura franco-arcillosa

3.2.3. Climatología de la Comarca de Odra del Pisuerga

El clima de la Comarca es un clima subárido, en el que predominan temperaturas medias anuales entre 11 y 15 °C, aunque llegan a descender hasta -2°C en los meses de invierno y aumentar hasta 22°C en la estación de verano. El periodo cálido, que se define como el número de meses en los que la temperatura media de las máximas es superior a los 30°C, se comporta igual en toda la superficie comarcal, se encuentra en el rango de 0 a 1 mes. En cambio el periodo seco o árido, entendido como el número de meses con déficit hídrico (valores negativos de la diferencia entre la evapotranspiración potencial y la real), se prolongan durante 3 meses en la mitad septentrional de la comarca y durante 4 meses en la mitad meridional.

Para caracterizar el clima de la Comarca se consideró la clasificación Agroclimática de J. Papadakis (1975), siendo la más adecuada debido a su relación directa con la ecología de los cultivos agrícolas, permitiendo de esta forma establecer relaciones climáticas entre zonas de la misma latitud (homoclimas); considera por ello el calor estival en forma de tipo de verano, el rigor invernal en forma de tipo de invierno y la aridez y su variación estacional en forma de régimen de humedad. El enfoque de dicha clasificación se basa en la utilización de los parámetros que representen la aptitud de las zonas para el desarrollo de determinados cultivos, tomando no sólo los valores de precipitación, temperaturas medias máximas y mínimas, sino que considera también aquellos valores extremos.

A partir de los valores climáticos, que son de gran importancia para la viabilidad de los cultivos, se delimita el tipo de invierno, el tipo de verano y el régimen hídrico de la Comarca de Odra del Pisuerga. En la Figura 3.9, se indica que el tipo de invierno es el tipo *Avena fresco* en todo el territorio comarcal, excepto en el extremo noroeste del término municipal de Villadiego, donde es de tipo *Trigo-avena*. El tipo de verano principalmente es de tipo *Maíz*, salvo en los municipios septentrionales donde el verano es de tipo *Triticum* menos cálido (Tablas 3.2 y 3.3).



Figura 3.9.- Mapas de la Clasificación Agroclimática de Papadakis, mostrando los tipos de invierno y verano, para la Comarca de Odra del Pisuerga.

Las clases del régimen térmico son fruto de la combinación del tipo de verano y el tipo de invierno, por lo que los límites de las variables climáticas vienen definidos por dicha combinación. En la Comarca de Pisuerga observamos que la mayor parte del territorio se acentúa el régimen *Templado cálido* con excepción del norte, donde predomina el régimen *Patagoniano*. En lo que se refiere al régimen de humedad, el tercio sur (desde el municipio de Villasandino) posee el régimen *Mediterráneo seco*, mientras que el resto del territorio se enmarca dentro del régimen *Mediterráneo húmedo*.

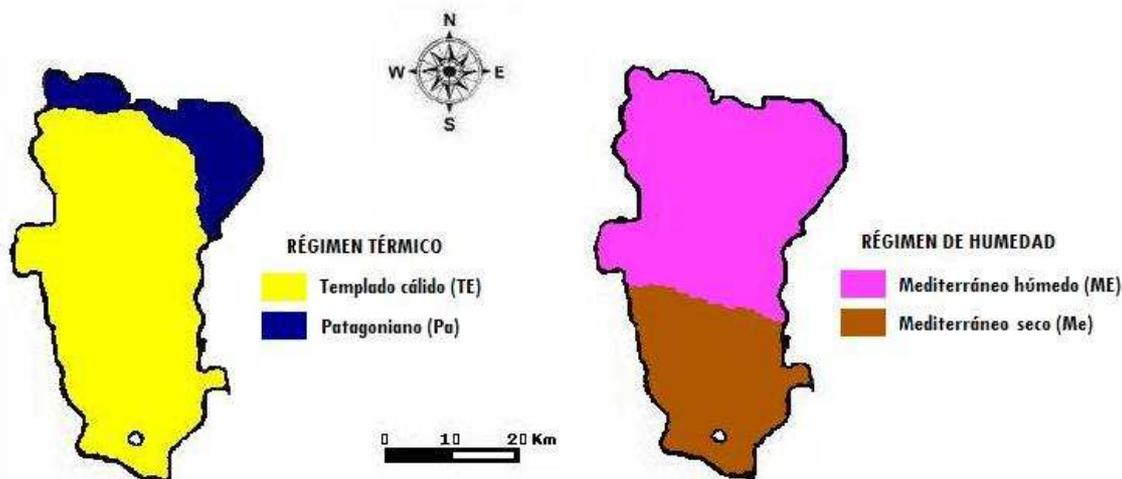


Figura 3.10.- Mapas de la Clasificación Agroclimática de Papadakis, mostrando los Regímenes térmico y de humedad, para la Comarca de Odra del Pisuerga.

Papadakis define los tipos climáticos en función de la combinación de los regímenes térmicos y de humedad. De esta forma, como puede observarse en la Figura 3.11, el tipo climático que mayormente predomina en la Comarca de Odra del Pisuerga es el tipo *Mediterráneo templado*. Sólo en el extremo norte de la Comarca, donde el relieve se eleva hasta los 1362 m en la Peña Amaya (municipios de Tobar, Las Hormazas y el tercio norte de Villadiego y Sotresgudo), sobresale el tipo climático *Mediterráneo templado fresco*.

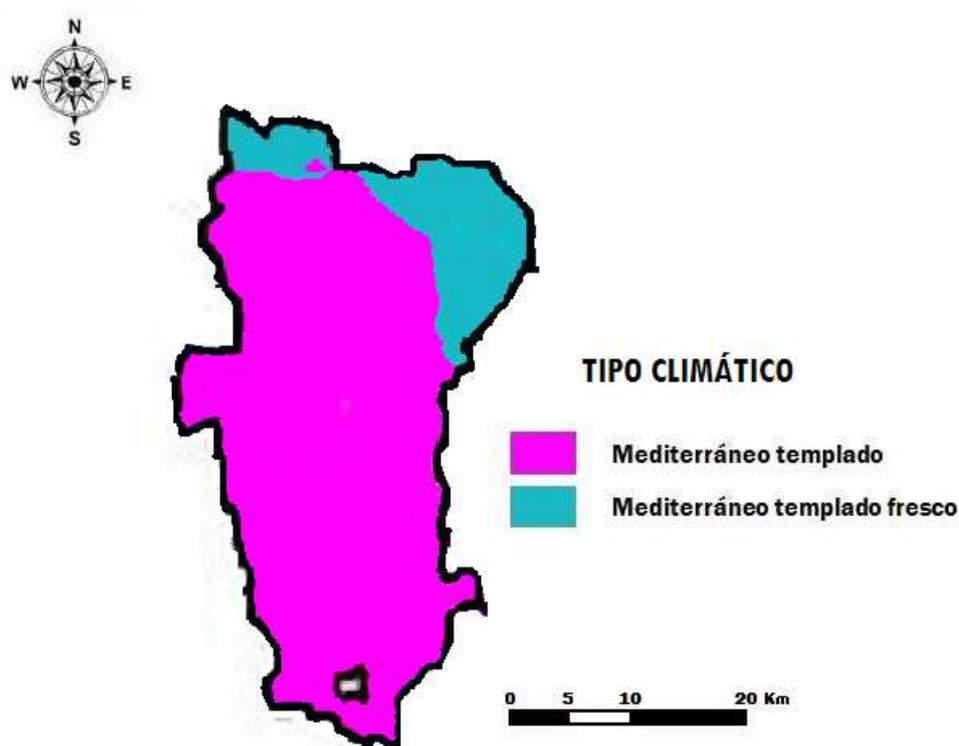


Figura 3.11.- Mapa de la Clasificación Agroclimática de Papadakis para la Comarca de Odra del Pisuerga

3.2.4. Características de la Comarca de Odra del Pisuerga

Los datos proceden del MAGRAMA. Las superficies geográficas de referencia son las que publica el Instituto Nacional de Estadística. La Consejería de Agricultura y Ganadería y el Servicio de Estadística, Estudios y Planificación Agraria de la Junta de Castilla y León (2014) aportan también información para esta Comarca.

En el mapa que se encuentra a continuación (Figura 3.12), obtenido a partir del Atlas Agroclimático de la Junta de Castilla y León, se puede observar la distribución de la superficie cultivada de los distintos grupos de cultivos herbáceos y leñosos en relación con el área total cultivada. Las tierras arables son las que se dedican a la producción de cultivos o que se mantienen en buenas condiciones agrícolas y medioambientales, con independencia de que se encuentren en invernadero o bajo protección fija o móvil (ITACYL-AEMET. 2013).

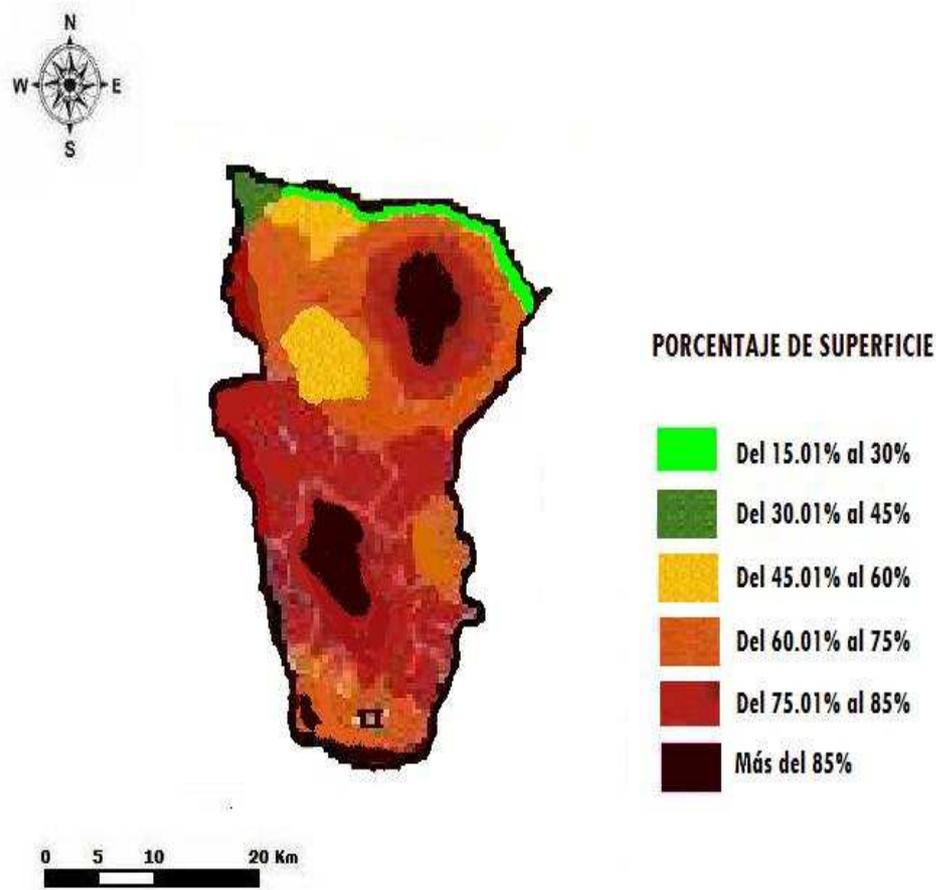


Figura 3.12.- Porcentaje de la superficie considerada como tierra arable por cada kilómetro cuadrado, para la Comarca de Odra del Pisuerga

Esta comarca aprovecha su topografía llana y la vega de los ríos Odra, Brullés y Pisuerga para el desarrollo de la agricultura. Los municipios que más tierras de cultivo presentan son Villadiego con 21871 ha, Sotresgudo con 11055 ha y Castrojeriz con 10333 ha.

En la Tabla 3.10 se señala la distribución general del suelo por usos y aprovechamientos en la Comarca de Odra del Pisuerga. En ella se observa que el 74,2% de la superficie total (155193 ha) está ocupada por tierras de cultivo, mientras que el 5% se encuentra dedicada a prados y pastos, el 4.6% a terreno forestal y el 17 % a otras superficies, destacando con un 12.2% aquellos terrenos con pastos accidentales que normalmente no llegan a mantener diez kilos de peso vivo por hectárea y año (Erial a pastos). En cuanto a los terrenos forestales, se presentan en forma de matorrales de vegetación esclerófila (65%), matorral boscoso de transición (11%), bosque de frondosas (20%), bosque de coníferas (3%) y bosque mixto (1%). El barbecho y otras tierras no ocupadas representan el 7.4% de la superficie total y el 10% de las tierras de cultivo con 11398 ha de secano y 77 ha de regadío.

Tabla 3.10.- Distribución general de Tierras (ha) por usos y aprovechamientos para la Comarca de Odra del Pisuerga.

Distribución General de las Tierras	Superficie (ha)		
	Secano	Regadío	Total
Tierras de Cultivo y Barbechos			
Tierras ocupadas por Cultivos Herbáceos	99 901	3 513	103 414
Tierras ocupadas por Cultivos Leñosos	174	14	188
Barbechos y otras tierras no ocupadas	11 398	77	11 475
TIERRAS DE CULTIVO	111 473	3 604	115 077
Prados Naturales y Pastizales Permanentes			
Prados Naturales	573	-	573
Pastizales Permanentes	7 184	-	7 184
PRADOS NATURALES Y PASTIZALES P.	7 757	-	7 757
Superficie Forestal			
Monte maderable	3 018	42	3 060
Monte abierto	1 135	-	1 135
Monte leñoso	2 937	-	2 937
SUPERFICIE FORESTAL	7 090	42	7 132
Otras Superficies			
Erial a pastos	18 934	-	18 934
Espartizal	15	-	15
Terreno improductivo	1 615	-	1 615
Superficie no agrícola	3 680	-	3 680
Ríos y Lagos	983	-	983
OTRAS SUPERFICIES	25 227	-	25 227
SUPERFICIE TOTAL	151 547	3 646	155 193

Fuente: Subdirección General de Estadística Agroalimentaria MAGRAMA 2012

En la distribución espacial de la superficie destinada a tierras de cultivo (115077 ha), según datos del MAGRAMA (2012), los cultivos herbáceos son los de mayor importancia, representando el 89.87% del total, mientras que los cultivos leñosos representan el 0.16% y las tierras consideradas en barbecho o no ocupadas por cultivo, el 9.97%. Dentro de los cultivos herbáceos destacan los cereales, como se indica en la Tabla 3.11, donde en orden de importancia la cebada, el trigo y la avena, constituyen el 80.61%, seguidos del girasol (7.89%) y la veza (3.13%). Del total de tierras dedicadas a cultivos herbáceos el 96.60% se encuentran bajo secano y el resto bajo sistema de regadío (3.40%). Entre los cultivos leñosos el viñedo es el más representativo (79.79%), seguido de los frutales (12.77%) y otros cultivos leñosos.

Tabla 3.11.- Distribución de la Tierra (ha) por Sistemas de cultivo en la Comarca de Odra del Pisuerga.

Distribución General de las Tierras dedicadas a Cultivos Herbáceos y Leñosos	Superficie (ha)		
	Secano	Regadío	Total
Cultivos Herbáceos			
Trigo	32 448	456	32 904
Cebada	46 216	1 794	48 010
Avena	2 407	37	2 444
Veza	3 216	24	3 240
Girasol	8 061	97	8 158
Otros	10 751	997	11 748
Total de Cultivos Herbáceos	99 901	3 513	103 414
Cultivos Leñosos			
Viñedo no asociado	150	0	150
Frutales	24	0	24
Otros	0	14	14
Total de Cultivos Leñosos	174	14	188
Barbecho y otras Tierras no ocupadas	11 398	77	11 475
TIERRAS DE CULTIVO	111 473	3 604	115 077

Fuente: Subdirección General de Estadística Agroalimentaria MAGRAMA 2012

CAPÍTULO IV

CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS SUELOS DONDE SE UBICARON LOS EXPERIMENTOS

Los experimentos se desarrollaron en algunos suelos agrícolas localizados en el municipio de Tobar, pertenecientes a la Comarca Agraria de Odra del Pisuerga (Figura 4.1), situado a 34 km al noroeste de la ciudad de Burgos, con una superficie de 11.96 km².

Su situación geográfica es la siguiente:

- Longitud: 03°56'18"O
- Latitud: 42°29'01"N
- Altitud: 910 m

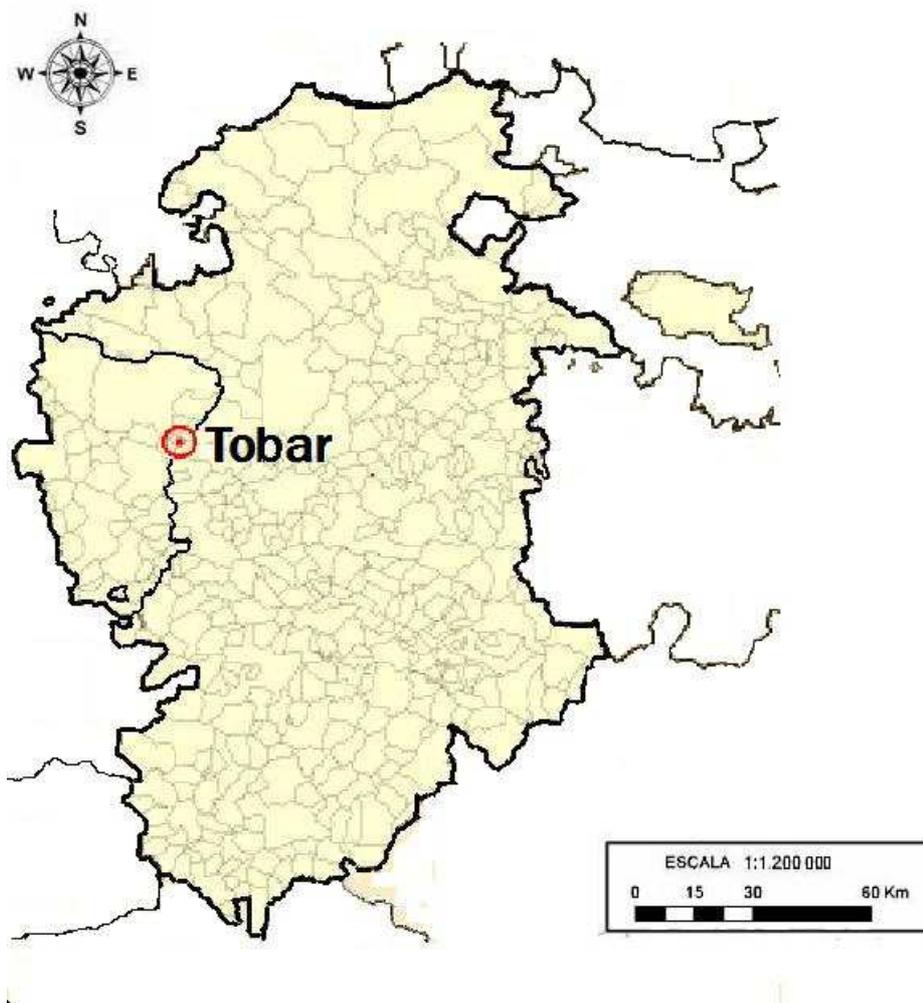


Figura 4.1. Mapa de la Provincia de Burgos, señalando el municipio de Tobar dentro de la Comarca Agraria de Odra del Pisuerga

Antiguamente Tobar se situaba en la Merindad de Castrojeriz, hoy partido de Villadiego de la Provincia de Burgos. Actualmente pertenece a la Comarca de Odra de Pisuerga. Su economía se basa en la agricultura de secano. Aprovecha la topografía llana en su mayor parte, para el desarrollo de la agricultura, principalmente el cultivo de cereales como el trigo y la cebada. En la distribución espacial, casi el 53% se destina al cultivo del trigo y el 31.4% a la cebada; entre las leguminosas, la veza ocupa el 6% de las tierras

destinadas a cultivos herbáceos, el resto a otros cultivos, como alubias, tomate, patata y otras hortalizas

Tobar se encuentra a una altitud comprendida entre 878 y 980 m, en un valle cuyo terreno es calizo pero fértil. Tiene relieves de llanura con alternancia de sectores planos (páramos y fondo de los valles), en el nivel culminante de caliza de los páramos y valles anchos, poco profundos; de fondo plano, modelados en arcillas y margas, con laderas de escasa pendiente. A simple vista se observa mayormente cultivada, excepto aquellos sectores de mayor pendiente de las partes altas de la ladera. Cercano al núcleo poblacional se hallan frutales, principalmente manzanos y perales. El río Hormazuela recorre el pueblo de norte a sur con poco caudal. Como vegetación de ribera en este sector hay fundamentalmente chopos y sauces.

Los suelos se encuentran constituidos por margas y arcillas, margas yesíferas y calizas con depósitos de gravas, arenas, arcillas y limos. Los materiales corresponden al Terciario y al Cuaternario. Los primeros, se encuentran constituidos por depósitos miocenos de margas, margas yesíferas, margocalizas y calizas del *período Vallesiense*. Los segundos, que ocupan el fondo de los valles, corresponden a depósitos del Pleistoceno y del Holoceno, constituidos por gravas, cantos, arenas, arcillas, arcillas arenosas y limos. Próximos al arranque de la ladera, los bordes se flanquean por coluviones de cantos, gravas, arcillas y margas. Los materiales se disponen en estructuras horizontales características de la cuenca sedimentaria de Castilla la Vieja, nombre de la antigua región.

La identificación del suelo nos permite denominarlo dentro de una clasificación sistemática, basada en sus propiedades cuantificables mediante técnicas establecidas (Soil Survey Staff, 2014) que dan origen a varias categorías: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie.

La Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) considera la existencia de 12 órdenes. En la provincia de Burgos existen cuatro de ellos: alfisol, aridisol, entisol e inceptisol. En la Comarca de Odra del Pisuegra, donde pertenece el municipio de Tobar, se observan dos: el orden entisols, suelos jóvenes con muy poca diferenciación en el perfil, localizados en terrazas bajas y en laderas de fuerte pendiente y escasa profundidad; y el orden inceptisols, suelos de desarrollo incipiente que muestran una diferenciación de horizonte A, B y C, localizados en terrazas medias y altas, así como en colinas con diferente grado de disección. Es evidente suponer, que los suelos de Tobar presentan todos aquellos elementos necesarios para el crecimiento de las plantas, en cantidades que dependen del material que les dio origen y de los factores y procesos que incidieron en su formación (Brady, 1990). Sin embargo ¿cuántos de estos elementos están disponibles para las plantas y cuántos resultan limitantes y afectan a la productividad de los cultivos y las praderas?

Incrementar la producción de alimentos sin deterioro ambiental y buscar tecnologías de bajo costo para los agricultores de escasos recursos económicos son un reto en el presente siglo. Un uso racional de los insumos agrícolas y la utilización de otras alternativas de producción que no dañen el ambiente son indispensables para lograr una agricultura sostenible y ambientalmente sana. Motivo por el cual, debemos profundizar en el conocimiento de nuestros suelos y gestionarlos de forma adecuada y sostenible, para que no pierdan su calidad, evitando a toda costa su degradación.

4.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

El clima es un factor exógeno, no controlable y de alto riesgo que afecta a la producción y la productividad de los cultivos. Los datos climáticos correspondientes a las temperaturas proceden de las estaciones de Melgar de Fernamental y Castrojeriz y las de precipitación a las estaciones de Tardajos, Sotresgudo, Melgar de Fernamental, Villadiego, Villasilos y Castrojeriz.

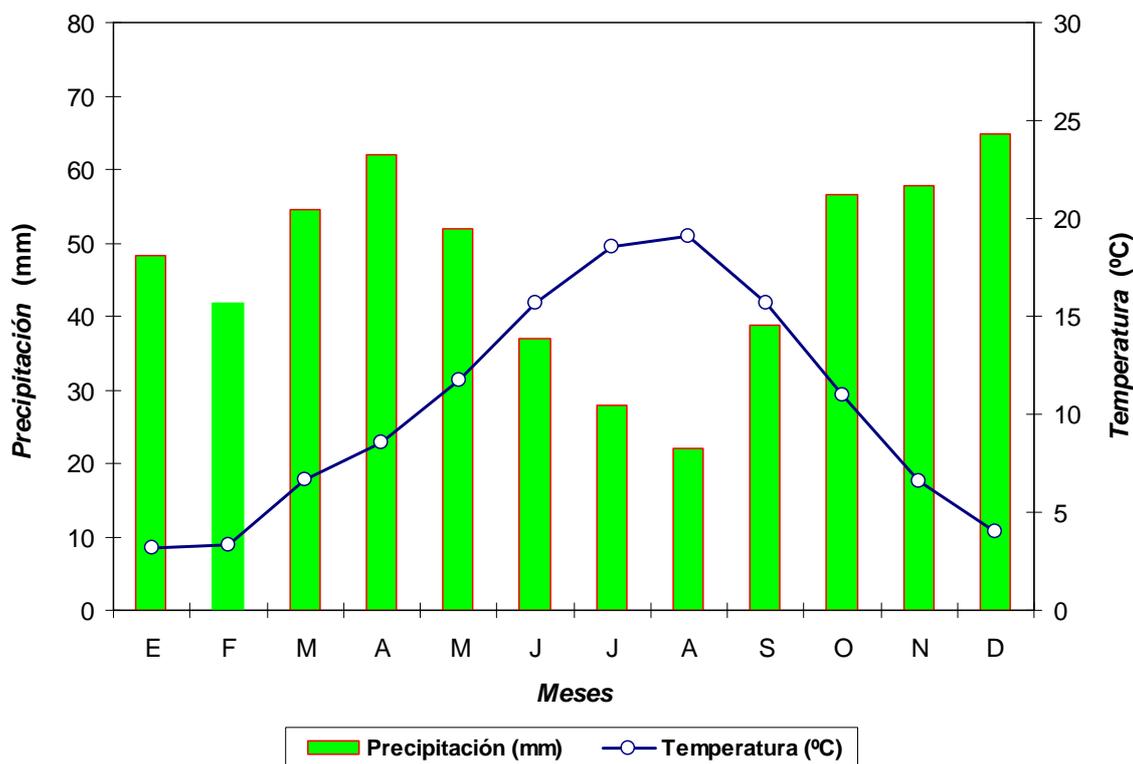


Figura 4.2. Climograma de Tobar durante el periodo 1981-2013. Fuente: Elaboración propia a partir de varias estaciones. Junta de Castilla y León. Altitud 910 m. Latitud: 42° 29'01N, Longitud: 03°56'21W.

El clima es subárido, predominan temperaturas medias anuales entre 10.3 y 14°C, siendo los meses más cálidos julio y agosto, con temperaturas de 18.6°C y 19.1°C, respectivamente. En algunos meses de invierno la temperatura pueden descender hasta -1.4° C (temperatura media mínima del mes más frío) y aumentar a 27.3° C en la estación de verano. El periodo cálido, que se define como el número de meses en los que la temperatura media de las máximas es superior a los 30° C, se comporta en Tobar igual que en toda la superficie comarcal, y se encuentra en el rango de 0 a 1 mes. En cambio el periodo seco o árido, entendido como el número de meses con déficit hídrico (valores negativos de la diferencia entre la evapotranspiración potencial y la real), se prolonga durante 3 meses. La evapotranspiración potencial anual en promedio es de 639 mm.

Los factores climatológicos de mayor importancia son la temperatura mínima y la precipitación pluvial. El climograma de Tobar, periodo 1981-2013 (Figura 4.2), nos informa que estamos ante un clima templado y cálido. Las precipitaciones se suceden durante todo el año. Los meses más lluviosos están localizados durante los meses de

octubre a mayo y el promedio de precipitaciones se sitúa alrededor de 628 mm. Agosto es el mes más seco con 22.1 mm. El período de temperaturas mínimas empieza en la última semana de octubre o inicios de noviembre en algunos años, con mínimas próximas a cero y negativas, descendiendo aún más durante los meses de enero a marzo, periodo en el que tienen lugar las heladas que limitan el desarrollo de los cultivos. La temperatura mínima promedio mensual varía entre -0.6°C en el mes de enero y 2.1°C en el mes de marzo.

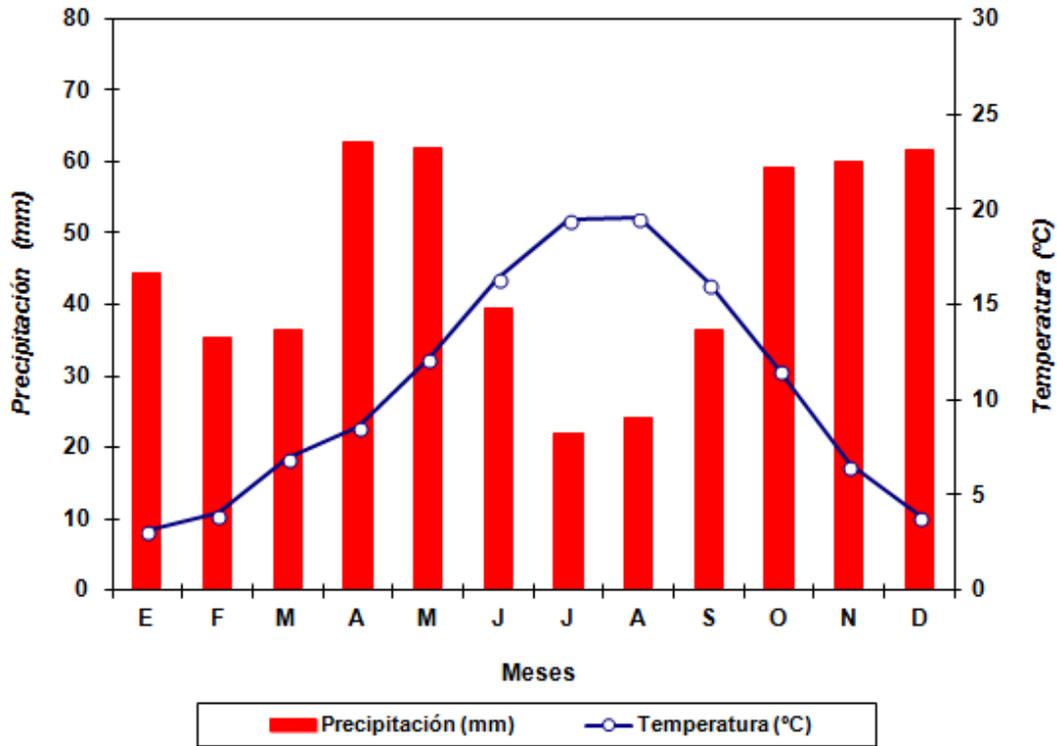


Figura 4.3. Climograma de Burgos durante el período 1981-2013. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Estación 2331 Burgos Aeropuerto. Altitud 891 m. Latitud: $42^{\circ} 21'23\text{N}$, Longitud: $03^{\circ}37'17\text{W}$.

Si observamos el climograma de Burgos para el mismo periodo de tiempo (Figura 4.3), nos encontramos también con un clima considerado templado cálido. Hay precipitaciones durante todo el año, siendo el promedio menor que la zona de Tobar con sólo 543 mm. El mes más seco es el mes de julio con 21.9 mm. La temperatura media anual en Burgos se encuentra en 10.7°C . Los meses más cálidos son julio y agosto, coincidiendo con 19.6°C en los últimos años. La diferencia de precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso para la provincia de Burgos es de 33 mm; en cambio, para la zona de Tobar es de 43 mm. Las temperaturas medias de los meses más cálidos son de 17.9°C para Burgos y 16.4°C para Tobar.

Para caracterizar el clima de Tobar se utilizó la clasificación Agroclimática de J. Papadakis, que resulta ser la más adecuada porque establece relaciones entre zonas climáticas de la misma latitud y utiliza todos los parámetros y valores climáticos necesarios para permitir conocer las zonas que son más adecuadas para los cultivos, permitiendo de esta forma establecer zonas aptas para determinados cultivos “tipo”. Según dicha clasificación, el Tipo de invierno imperante en la zona sería el *Avena fresco*, el tipo de

verano sería el de tipo *Maíz* con alguna influencia del tipo *Triticum menos cálido* (Tabla 3.2) lo que favorecería el cultivo de patata, por favorecer la tuberización.

Fruto de la combinación del tipo de verano y el tipo de invierno para esta zona, el régimen térmico sería una combinación del régimen templado cálido y el Patagoniano. Considerando el balance hídrico donde se relaciona la precipitación, la evapotranspiración potencial, el cálculo de la evapotranspiración potencial y otros parámetros, se puede observar que la zona donde se desarrollaron los experimentos se encuentra situada dentro de un régimen de humedad considerado como Mediterráneo húmedo (Figura 3.10). Considerando los tipos de invierno y verano imperantes en la zona, así como los regímenes térmicos y de humedad, según Papadakis el tipo climático sería el Mediterráneo templado fresco.

4.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

El sustrato geológico de la zona de estudio, se encuentra compuesto por los siguientes materiales originarios (Figura 3.7)

- Neógeno: Arcillas arenosas, calizas del páramo, arcillas, margas yesíferas, rañas, arcillas con pudingas y areniscas.
- Cuaternario: Aluviones, piedemonte y dunas.
- Cretácico: Areniscas, conglomerados, margas y calizas.
- Jurásico: Margas, calizas margosas, calizas y dolomías.

4.3. CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS

4.3.1 MATERIALES DE CAMPO PARA LA TOMA DE MUESTRAS.

En el presente estudio se empleó el siguiente material para la toma de muestras: 1) pico y pala/retroexcavadora (en caso de que fuera necesario) para abrir la calicata, 2) bandejas de plástico o botes para recoger la muestra, 3) dispositivos de marcaje de horizontes (clavos, banderitas, etc.) con el fin de establecer la parte superior y la inferior del horizonte, 4) regla o metro para medir la profundidad de los horizontes, y 5) clinómetro para medir la pendiente.

Simultáneamente, se utilizó una cámara fotográfica para inmortalizar el perfil del suelo, rotuladores permanentes para etiquetar las muestras, altímetro para saber la altitud sobre el nivel del mar, tablas Munsell para determinar el color, botella de HCl y de agua (spray) para comprobar la naturaleza calcárea del material recogido, así como para humedecer si era preciso las muestras de suelo, bolsas con cierre hermético para mantener las muestras, hojas de caracterización de perfiles de suelo, y libreta de campo.

4.3.2 METODOLOGÍA PARA EL MUESTREO DE SUELOS

A. MUESTREO DE LOS SUELOS

Los suelos poseen características propias que resultan de la interrelación de los diferentes factores de su formación. Se describieron y clasificaron de acuerdo a su morfología, características físico-mecánicas, químicas, biológicas, y a su génesis manifestada por la presencia de horizontes superficiales y sub-superficiales de diagnóstico, influenciadas por las condiciones ecológicas del medio.

Teniendo presente la relación directa entre el suelo y el paisaje que se desarrolla sobre él, se evaluaron características como el relieve, la erosión, la vegetación, la pedregosidad y el drenaje externo. Para la identificación del suelo, donde se llevó a cabo el experimento, se siguieron cuatro etapas bien definidas:

A.1. PRIMERA ETAPA O ETAPA INICIAL.-

En esta primera etapa se ubicaron las áreas de muestreo. Localizadas en paisajes de terraza media y baja, la cual fue calificada por su altura con respecto a un nivel de base local, que normalmente es un río. La altura para los paisajes de terraza media es de 10-30 m, considerando de terraza baja aquellos paisajes con alturas menores a 10 m. Paralelamente, se recopiló toda la información existente sobre los suelos de la zona, que posteriormente fue analizada y procesada.

A.2. SEGUNDA ETAPA O ETAPA DE CAMPO.-

En esta etapa se procedió a realizar una evaluación y examen minucioso de los suelos mediante “**calicatas**” suficientemente grandes para permitir un examen y descripción de los diferentes horizontes del suelo, con profundidades de 1.60 m o hasta donde las condiciones del suelo lo permitieron. La presencia de material paralítico en el perfil, fue condición para limitar la profundidad de la calicata. Se puede hacer uso de perfiles existentes, como los cortes de camino o zanjas, pero para su uso correcto se debe raspar un grosor suficiente que permita ver el suelo verdadero sin influencias externas.

Primero se registraron las características de la superficie del suelo o sitio. Cada perforación o *calicata* exhibe una serie de capas superpuestas perfectamente diferenciadas, denominadas *horizontes*. Luego se realiza la descripción del suelo, horizonte por horizonte, comenzando por el superior. El conjunto de horizontes constituye el perfil del suelo o *pedón*, si se consideran en este último caso, tres dimensiones. Los horizontes se caracterizaron según los lineamientos propuestos en el *Soil Survey Manual* (1993).

En el estudio, se consideraron las siguientes características: espesor, color, estructura, textura, fragmentos de roca, consistencia, pH, porosidad, drenaje interno, permeabilidad, presencia de raíces y restos orgánicos. De cada horizonte se tomaron muestras para su análisis. Teniendo presente la relación directa entre paisaje y el suelo que se desarrolla sobre él, se consideraron características como el relieve, erosión, vegetación, afloramientos rocosos, fragmentos gruesos rocosos, pedregosidad externa y drenaje externo.

A.3. TERCERA ETAPA O FASE DE LABORATORIO.

En esta etapa se evaluaron las muestras tomadas en la etapa de campo, mediante los procedimientos estándar utilizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes, del Departamento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

A.4. CUARTA ETAPA O FASE FINAL DE GABINETE.

En esta etapa se analizó la información de campo y los datos obtenidos de laboratorio, procediendo a identificar y clasificar los suelos existentes, siguiendo las definiciones y nomenclaturas establecidas en el Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014).

B. FASE DE LABORATORIO. ANÁLISIS DE LOS SUELOS

Las muestras se analizaron mediante los procedimientos estándar utilizados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes, del Departamento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

Las muestras de suelo, después de ser desmenuzadas y secadas al aire (TFSA), se pasaron por un tamiz de 2 mm de diámetro (USDA, 1996). La granulometría se determinó por el método de Bouyoucos (1962), el carbono orgánico por vía húmeda mediante oxidación con $K_2Cr_2O_7$ 1N en medio H_2SO_4 , siguiendo el método de Walkley y Black (Nelson y Sommers, 1996), y el nitrógeno total según Kjeldahl, utilizando un digestor equipado con un destilador (Bremmer, 1996).

La capacidad de intercambio catiónico se determinó con una solución de Acetato amónico 1N a pH 7 (Summer y Miller, 1996). Por sumatoria de bases se ha estimado la CIC, ya que no existe ni H^+ ni Al^{3+} de cambio. Los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, utilizando un espectrofotómetro Perkin Elmer 3100.

La conductividad eléctrica se realizó con un conductímetro YSI Mod. 32, calibrado con una solución de KCl 0.01 M, siguiendo el procedimiento de Rhoades (1996). El pH se midió según el procedimiento seguido por Thomas (1996), con potenciómetro Orion Mod. 420 A, dotado de corrección automática de temperatura.

Los elementos totales se determinaron mediante digestión de las muestras secas y molidas con una solución nítrico-perclórica. El sodio, potasio y calcio se miden por fotometría de llama en un equipo Eppendorf Elex 6361 y el magnesio, fósforo, hierro, manganeso, zinc, cadmio, cromo, cobre, níquel y plomo mediante un espectrofotómetro de emisión de plasma Perkin Elmer ICP/-5500.

C. DEFINICIÓN y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

C.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ORIGEN.

Suelos derivados de materiales coluvio-aluviales

Son suelos desarrollados a partir de materiales transportados por los ríos y depositados en sus márgenes, formando terrazas de diferente altura. Sobre estas terrazas pueden caer materiales transportados por gravedad a partir de colinas adyacentes a los paisajes de terrazas. La presencia de cantos rodados indica la presencia de material aluvial; éstos se hallan mezclados con fragmentos gruesos de formas aristadas, característica de los materiales transportados por gravedad. En este estudio los suelos se localizan sobre paisajes de terrazas medias y bajas.

C.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU MORFOLOGÍA Y GÉNESIS

Se refiere al aspecto puramente pedológico del suelo. Los suelos se encuentran definidos dentro de unidades taxonómicas. Una unidad taxonómica, referida a cualquier categoría dentro de un sistema de clasificación, es el nivel de abstracción o clasificación definido dentro de un sistema taxonómico.

La categoría se define como un conjunto de suelos agrupados al mismo nivel de abstracción o generalización. El sistema empleado fue el del Soil Taxonomy (2014), que considera seis categorías: Orden, Suborden, Gran-grupo, Sub-grupo, Familia y Serie. En el presente estudio se utilizó el nivel categórico de sub-grupo.

La identificación de los sub-grupos se basó en:

- a) La presencia de ciertas características genéticas, expresadas en horizontes de diagnóstico superficiales “epipedones” y en horizontes de diagnóstico sub-superficiales, y
- b) Los regímenes de humedad y temperatura presentes en la formación del suelo.

De la terminología empleada, sabemos que:

El epipedón identificado fue el ócrico. El horizonte sub-superficial, el cálcico y el cámbico. El régimen de humedad, el ústico. El régimen de temperatura, el méxico.

El epipedón ócrico, se caracteriza por presentar claridad (value) y pureza (chroma) mayor de 3, en húmedo o bien un espesor menor de 18 cm o un contenido de 0.6% o menos de carbono orgánico que el horizonte C.

El horizonte argillico, muestra evidencia de iluviación de arcilla en películas, con un espesor mayor de 15 cm y un contenido de arcilla que es 20 % o más que el horizonte suprayacente.

El horizonte cámbico, presenta como evidencias de alteración, un contenido de arcilla mayor que el horizonte superior, siendo este incremento continuo conforme se profundiza; un croma más fuerte o un matiz (hue) más rojizo, estructura moderadamente desarrollada y una CIC total. Determinada por acetato de amonio 1N pH 7.0, mayor a 16 cmol (+) kg⁻¹ de arcilla.

El horizonte cálcico, es un horizonte de acumulación de carbonato de calcio, el cual debe tener un espesor mayor de 15 cm y poseer 5% más que el horizonte que se encuentre debajo de él.

Carbonatos Secundarios, se refiere a carbonato de calcio translocado que ha sido precipitado en el lugar, principalmente a partir de la solución suelo.

El régimen ústico, es aquel en el cual la sección de control de humedad del suelo, está húmedo por un máximo de 90 días acumulados al año, en por lo menos 6 años de un ciclo de 10 años.

El régimen méxico, se caracteriza porque la temperatura del suelo a 50 cm de profundidad es de 8-15 °C y la diferencia entre la media de verano y la media de invierno supera los 6 °C.

D. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

D.1. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DEL PRIMER SUELO: TOBAR-TAB.

Las distintas geoformas existentes en la zona de estudio, son el resultado de la interacción de ciertos fenómenos tectónicos, orogénicos y climáticos, que han dado lugar principalmente a procesos erosionales, deposicionales y de sedimentación, ocurridos a través del tiempo (Buol et al., 2003). En la tabla 4.1 se observan las características del perfil del suelo sobre el cual se ha realizado el experimento.

Del análisis de estas características se observa que el suelo, representado por su perfil, tabla 4.1, se ha formado a partir de sedimentos coluvio-aluviales, bajo un régimen de humedad ústico. Estos sedimentos han sido transportados a través de la pendiente de colinas y montañas y depositados en su base llegando a formar paisajes de piedemonte con pendientes menores al 1%.

El grado de desarrollo del perfil está acorde con el tiempo cronológico desde la deposición del sedimento, que constituye su material originario, y la intensidad de actuación de los factores formadores del suelo (Buol et al 2003).

Son suelos moderadamente profundos a profundos con perfil de tipo ABC, con un horizonte A disturbado de 20 cm de espesor y color pardo oscuro, con value mayor de 3, evidenciando la presencia de un epipedón ócrico, de estructura granular media a fina y textura franca, el cual descansa sobre un horizonte B cámbico, de 60 cm de espesor, con acumulación de carbonato de calcio en los primeros 20 cm, de color pardo oscuro a pardo

grisáceo oscuro, con presencia de grava fina y media en un 15%, en volumen, la textura es franca y la estructura se ha desarrollado en bloques subangulares medios.

Todo el perfil descansa sobre un estrato C masivo de color pardo grisáceo oscuro y de textura franca con presencia de grava fina y media en un 15%, en volumen. El drenaje es bueno a moderado y la permeabilidad moderada (Tabla 4.1).

Las características químicas de este suelo (Tabla 4.2) nos indican reacción ligeramente alcalina en los tres primeros horizontes a neutra en el estrato C, con una alta saturación de bases y presencia de un horizonte de acumulación de carbonato de calcio, a 20 cm de profundidad, indicando la presencia de un horizonte cálcico. Los valores de materia orgánica son bajos, en promedio, pero los niveles de fósforo y potasio disponible alcanzan valores altos, lo cual nos estaría indicando un suelo con fertilidad media.

Tabla 4.1. Descripción del Primer Suelo: TOBAR-TAB.

Localización	: Tobar- Burgos	
Fisiografía	: Piedemonte	
Altitud	: 876 msnm.	
Vegetación y uso del suelo	: patata-leguminosa-descanso-descanso	
Pendiente	: 0-1%	
Material Parental	: Sedimentos coluvio-aluviales	
Drenaje	: Bueno-Moderado	
Horizontes Diagnóstico	: Epipedón ocrico, horizonte cámbico, horizonte cálcico	
Régimen de humedad	: Ústico	
Régimen de temperatura	: Mésico	
Horizontes:		
Horz.	Prof/cm.	Descripción
Ap	00 - 20	Franco; pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; granular fino, moderado; friable; raíces finas, medias y gruesas, abundantes; grava fina y media en un 5%; reacción ligeramente alcalina (pH 7.4); presencia de carbonato de calcio (101 g kg ⁻¹); contenido bajo de materia orgánica (18 g kg ⁻¹); contenido alto en fósforo disponible (54.44 mg kg ⁻¹) y alto en potasio (888 mg kg ⁻¹) permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al
Bk	20 – 40	Franco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; bloques subangulares medios, moderados; firme; raíces finas, medias y gruesas, abundantes; grava fina y media en un 5%; reacción ligeramente alcalina (pH 7.6); alto contenido carbonato de calcio (590 g kg ⁻¹); bajo contenido de materia orgánica (13 g kg ⁻¹) permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al
Bw	40 – 80	Franco; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en húmedo; bloques subangulares medios moderados, firme, raíces finas y medias, pocas; grava fina y media en un 15%; de reacción ligeramente alcalina (pH 7.5), alta presencia carbonato de calcio (130 g kg ⁻¹); bajo contenido de materia orgánica (12 g kg ⁻¹), permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al
C	80 –110	Franco; pardo grisáceo claro (10YR 6/2) en húmedo, masivo, firme; raíces finas, pocas; grava fina y media en un 15%; reacción neutra (pH 7); alta presencia de carbonato de calcio (100 g kg ⁻¹); muy bajo contenido de materia orgánica (4 g kg ⁻¹); permeabilidad moderada.

Materia Orgánica: Bajo: menor 20 g kg⁻¹, Medio: 20 a 40 g kg⁻¹, Alto: mayor 40 g kg⁻¹. Carbonato de Calcio: Bajo: menor 10 g kg⁻¹, Medio: 10 a 50 g kg⁻¹, Alto : mayor 50 g kg⁻¹. pH: Fuertemente ácido: <5.5, Mod.ácido:5.6 a 6, Lig. Ácido: 6.1 a 6.5, Neutro: 7, Lig. Alcalino: 7.1 a 7.8. Mod. Alcalino: 7.9 a 8.4, Fuertemente alcalino: mayor 8.4. Fósforo: Bajo: menor 7 mg kg⁻¹, Medio: 7 a 14 mg kg⁻¹, Alto: mayor 14 mg kg⁻¹. Potasio: Bajo: menor 100 mg kg⁻¹, Medio: 100 a 240 mg kg⁻¹, Alto: mayor 240 mg kg⁻¹.

Por su ubicación sobre paisajes de piedemonte y la no adición de material nuevo, genera la formación de algunos horizontes diagnóstico. A pesar de la existencia de un horizonte de acumulación de arcilla, éste no cumple con la evidencia de iluviación, como es la presencia de películas de arcilla o *clays skins*, por lo que este horizonte es calificado como cámbico. La presencia de este horizonte cámbico, su moderado desarrollo, su ubicación y los procesos pedogénicos involucrados, permiten agruparlo dentro del orden **Inceptisols** de la Soil Taxonomy, (2014).

Tabla 4.2. Análisis Físico-Químico del Suelo TOBAR-TAB

Horizonte Genético	Prof. (cm)	pH	C.E. dSm ⁻¹	CaCO ₃ g kg ⁻¹	MO g kg ⁻¹	NT g kg ⁻¹	C.O. g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹
Ap	0-20	7.4	0.29	101	18	0.9	10.44	54.41	888
Bk	20-40	7.6	0.35	590	13	0.7	7.54	48.63	521
Bw	40-80	7.4	0.33	130	12	0.6	6.96	45.74	552
C	80-110	7.0	0.31	100	4	0.2	2.32	44.37	541

Horiz. Genét.	Prof. (cm)	Granulometría			Clase Textural	CIC cmol (+) kg ⁻¹	Cationes intercambiables cmol (+) kg ⁻¹			
		Arena	Limo	Arcilla			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Ap	0-20	380	420	200	Fr	22.56	19.45	1.54	1.38	0.18
Bk	20-40	360	400	240	Fr	20.80	18.32	1.36	1.00	0.11
Bw	40-80	420	340	240	Fr	18.56	16.29	1.11	0.96	0.20
C	80-110	440	330	230	Fr	17.93	14.26	0.96	0.94	0.23

Abreviaturas: C.E.: Conductividad Eléctrica. MO: Materia Orgánica. NT: Nitrógeno Total. C.O.: Carbono orgánico. CIC: Capacidad de Intercambio catiónico. Fr.: Franco.

Este suelo, además, se ha formado y se está desarrollando bajo un régimen de humedad ústico, el cual indica un estado en que el suelo está húmedo, en la sección control, un máximo de 90 días en años normales, lo que es observable en la zona, por lo que pertenecen al suborden **Ustepts** (Soil Survey Staff, 2014).

La presencia de horizontes de diagnóstico secundario es utilizada por la Soil Taxonomy para identificar los grandes grupos de suelos. El suelo Ustepts del párrafo precedente revela un horizonte cálcico, el cual ha sido identificado por las siguientes características: espesor mayor de 15 cm, contenido mayor de 150 g kg⁻¹ de carbonato de calcio equivalente, a 20 cm de profundidad, y el contenido de carbonato de calcio equivalente (590 g kg⁻¹) es mayor en 5% al contenido de carbonato de calcio equivalente del horizonte que se encuentra debajo (130 g kg⁻¹). El gran grupo que le corresponde es **Calciustepts**.

Al no presentar el suelo características particulares diferenciativas dentro del gran grupo determinado, es evidente su carácter *Typic* dentro de los Calciustepts, por lo que se trataría de un suelo perteneciente al subgrupo de los **Typic Calciustepts** de la Soil Taxonomy 2014 y su identificación vernacular por su localización sería **suelo Tobar TAB**.

Por otro lado, utilizando el sistema FAO, al presentar el **suelo Tobar TAB** un horizonte subsuperficial cámbico, el cual es generalmente indicado por cambios en la estructura del suelo, decoloración del color parduzco y no cumplir los estándares para ser considerado un horizonte argílico, a pesar de presentar arcilla iluvial, es agrupado dentro de los **Cambisols** (FAO, 2006).

Al no presentar el suelo Tobar TAB características particulares diferenciativas dentro de los Cambisols, su carácter Háplíc es evidente, por lo que esta característica se usará como prefijo calificador del Cambisols.

La existencia de un horizonte de más de 15 cm de espesor con materiales que presentan más de 2% de carbonato de calcio equivalente indican el carácter Calcáric de este suelo y esta característica se usará como sufijo calificador del Cambisols.

En base a lo discutido en los párrafos precedentes, el suelo es clasificado mediante el Sistema FAO 2006 como **Haplic Cambisols (Calcaric)**.

D.2. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN SEGUNDO SUELO: TOBAR-CARR

El resultado de la interacción de los diferentes fenómenos tectónicos, orogénicos y climáticos ocurridos a través del tiempo, han dado lugar a procesos heterogéneos muy complejos que han originado las distintas geoformas existentes en la zona de estudio.

Del análisis de estas características se observa que el suelo, representado por su perfil, Tabla 4.3, se ha formado a partir de sedimentos coluvio-aluviales, bajo un régimen de humedad ústico. Estos sedimentos, constituyentes de las lomadas y colinas bajas que rodean el área, han sido transportados a través de la pendiente, auxiliados en su momento por las precipitaciones estacionales, y depositados en su base, llegando a formar paisajes de piedemonte con pendientes menores al 1%. El grado de desarrollo del perfil está acorde con el tiempo cronológico desde la deposición del sedimento, que constituye su material originario, y la intensidad de actuación de los factores formadores del suelo (Buol et al 2003).

En la Tabla 4.3 se observan las características del perfil del suelo sobre las cuales se realizarán los experimentos. Un horizonte C masivo de color pardo grisáceo y textura franca, con presencia de grava fina y media en un 15%, en volumen, sirve de base a este perfil. El drenaje es bueno a moderado y la permeabilidad moderada.

Son suelos moderadamente profundos a profundos con perfil de tipo ABC, y un horizonte A disturbado de 20cm de espesor y color pardo oscuro, con claridad (value) mayor de 3, evidenciando la formación de un epipedón ócrico, de estructura granular media a fina y textura franca, el cual descansa sobre un horizonte B cámbico, de 40 cm de espesor (Figura 4.3) con acumulación de carbonato de calcio en los primeros 25 cm, poco desarrollado e identificado por un cambio estructural a bloques subangulares medios, de color pardo oscuro a pardo grisáceo claro y textura franca, con presencia de grava fina y media en un 15%, en volumen.

Las características químicas de este suelo (Tabla 4.4) nos indican una reacción neutra y la presencia de carbonato de calcio con valores menores a 120 g kg⁻¹, en todos los horizontes a excepción del horizonte Bk, 20-45 cm de profundidad, donde una acumulación

de carbonato de calcio se hace notorio, con valores de 599.8 g kg⁻¹, superior al que está por debajo, e indica el movimiento iluvial de este compuesto y la formación de un horizonte cálcico, proceso que se manifiesta por el arrastre de estos compuestos de los horizontes superiores y depositados en las zonas más profundas. La saturación de bases alcanza valores de 100% en todo el perfil, presentando la materia orgánica valores bajos en el horizonte superficial y niveles bajos en el subsuelo, lo que contrasta con los altos niveles de fósforo y potasio disponible. La fertilidad natural de este suelo es media.

Tabla 4.3.- Descripción del Segundo Suelo: TOBAR-CARR

Localización	: Tobar-Burgos	
Fisiografía	: Piedemonte	
Altitud	: 874 msnm.	
Vegetación y uso del suelo	: Cereales.	
Pendiente	: 0-1%	
Material Parental	: Sedimentos coluvio-aluviales	
Drenaje	: Bueno-Moderado	
Horizontes Diagnóstico	: Epipedón Ócrico, horizonte cámbico, horizonte cálcico	
Régimen de humedad	: Ústico	
Régimen de temperatura	: Mésico	
Horizontes:		
<u>Horz.</u>	<u>Prof/cm.</u>	<u>Descripción</u>
Ap	00 - 20	Franco; pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; granular fino a medio, moderado; firme; raíces finas, medias y gruesas, abundantes; reacción neutra (pH 7.0); alta presencia de carbonato de calcio (93 g kg ⁻¹); contenido bajo de materia orgánica (14.1 g kg ⁻¹); contenido alto en fósforo disponible (55.5 mg kg ⁻¹) y alto en potasio (898 mg kg ⁻¹) permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al
Bk	20 – 45	Franco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; bloques subangulares medios, moderados; firme; raíces finas, medias y gruesas, abundantes; reacción ligeramente alcalina (pH 7.1); alto contenido de carbonato de calcio (599.8 g kg ⁻¹); bajo contenido de materia orgánica (13.6 g kg ⁻¹) permeabilidad moderada. Límite de horizonte claro al
Bw	45 – 60	Franco; pardo grisáceo claro (10YR6/2) en húmedo; bloques subangulares medios, moderado, firme, raíces finas y medias, pocas; gravas finas y medias en 15%; reacción ligeramente alcalina (pH 7.1); alta presencia carbonato de calcio (114.5 g kg ⁻¹); bajo contenido de materia orgánica (12.9 g kg ⁻¹); permeabilidad moderada. Límite de horizonte gradual al
C	60 –110	Franco; pardo grisáceo (10YR 5/2) en húmedo, masivo, firme; raíces finas, pocas; gravas finas y medias en un 15%; reacción neutra (pH 7.1); alta presencia de carbonato de calcio (102 g kg ⁻¹); bajo contenido de materia orgánica (9.6 g kg ⁻¹); permeabilidad moderada.

Materia Orgánica: Bajo: menor 20 g kg⁻¹, Medio: 20 a 40 g kg⁻¹, Alto: mayor 40 g kg⁻¹.

Carbonato de Calcio: Bajo: menor 10 g kg⁻¹, Medio: 10 a 50 g kg⁻¹, Alto : mayor 50 g kg⁻¹.

pH: Fuertemente ácido: <5.5, Mod.ácido:5.6 a 6, Lig. Ácido: 6.1 a 6.5, Neutro: 7, Lig. Alcalino: 7.1 a 7.8. Mod. Alcalino: 7.9 a 8.4, Fuertemente alcalino: mayor 8.4.

Fósforo: Bajo: menor 7 mg kg⁻¹, Medio: 7 a 14 mg kg⁻¹, Alto: mayor 14 mg kg⁻¹.

Potasio: Bajo: menor 100 mg kg⁻¹, Medio: 100 a 240 mg kg⁻¹, Alto: mayor 240 mg kg⁻¹.

El estar localizado sobre paisajes de piedemonte le confiere a los suelos el suficiente tiempo para que los procesos edafogénicos formadores del suelo actúen y generen la formación de determinados horizontes de diagnóstico. En este caso, si bien el proceso de iluviación ha generado un horizonte de acumulación de arcilla, 45-60 cm de profundidad, esta acumulación no alcanza los estándares para que sea considerado un horizonte argílico, como es la presencia de 20% o más de arcilla con respecto al horizonte superior, por lo que este horizonte es calificado como cámbico. La presencia de este horizonte cámbico y el moderado desarrollo que presenta este suelo, por su ubicación y procesos pedogenéticos involucrados, permiten agruparlo dentro del orden Inceptisols de la Soil Taxonomy 2014.

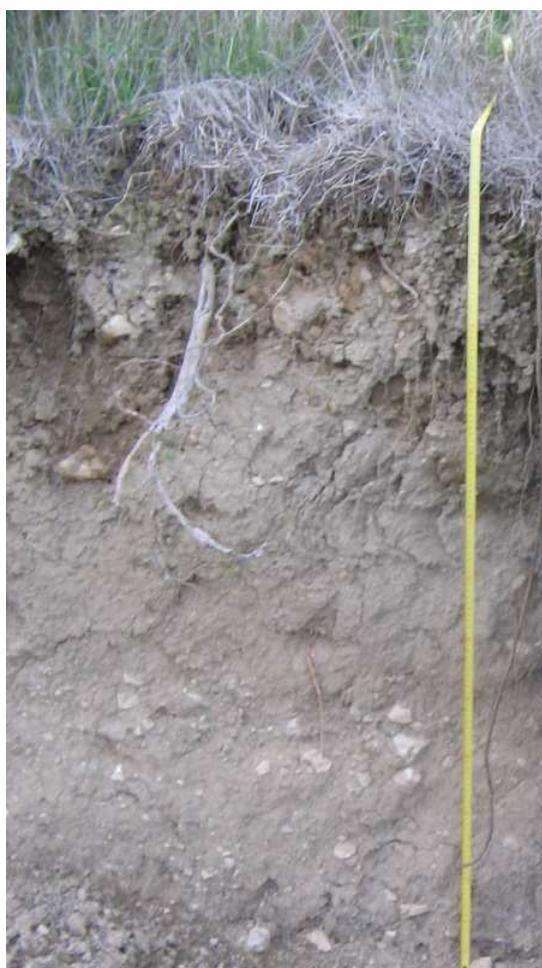


Figura 4.4. Perfil del Suelo TOBAR-CARR

Tabla 4.4. Análisis Físico-Químico del Suelo TOBAR-CARR

Horizonte Genético	Prof. (cm)	pH	C.E. dSm ⁻¹	CaCO ₃ g kg ⁻¹	MO g kg ⁻¹	NT g kg ⁻¹	C.O. g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹
Ap	0-20	7.0	0.31	93.0	14.1	0.8	8,3	55.5	898
Bk	20-45	7.1	0.35	599.8	13.6	0.7	7,9	49.1	544
Bw	45-60	7.1	0.31	114.5	12.9	0.6	7,5	44.4	548
C	60-110	7.0	0.31	102.0	9.6	0.5	5,6	42.1	543

Horiz. Genét.	Prof. (cm)	Granulometría			Clase Textural	CIC cmol (+) kg ⁻¹	Cationes intercambiables cmol (+) kg ⁻¹			
		Arena	Limo	Arcilla			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Ap	0-20	360	410	230	Fr	23.43	19.91	1.59	1.43	0.50
Bk	20-45	380	380	240	Fr	21.13	18.47	1.42	1.00	0.24
Bw	45-60	400	320	280	Fr	18.22	16.24	0.94	0.98	0.06
C	60-110	430	330	240	Fr	17.08	15.13	0.97	0.95	0.03

Abreviaturas: C.E.: Conductividad Eléctrica. MO: Materia Orgánica. NT: Nitrógeno Total. C.O.: Carbono orgánico. CIC: Capacidad de Intercambio catiónico. Fr.: Franco.

Este suelo, además, se ha formado y se está desarrollando bajo un régimen de humedad ústico, el cual indica un estado en que el suelo está húmedo, en la sección control, un máximo de 90 días acumulados en años normales, lo que es observable en la zona, por lo que pertenecen al suborden **Ustepts** (Soil Survey Staff, 2014).

El suelo Ustepts del párrafo precedente revela un horizonte cálcico, el cual ha sido identificado por las siguientes características: espesor mayor de 15 cm, contenido mayor de 150 g kg⁻¹ de carbonato de calcio equivalente, a 20 cm de profundidad y el contenido de carbonato de calcio equivalente (599.8 g kg⁻¹) que es mayor en 5 % al contenido carbonato de calcio equivalente del horizonte que está debajo (114.5 g kg⁻¹). El gran grupo que le corresponde es **Calciustepts**

Al no presentar el suelo características particulares diferenciativas dentro del gran grupo determinado, su carácter Typic dentro de los Calciustepts, es evidente, por lo que se trataría de un suelo perteneciente al subgrupo de los **Typic Calciustepts** de la Soil Taxonomy 2014 y su identificación vernacular por su localización sería **suelo Tobar CARR**.

El **suelo Tobar CARR** presenta un horizonte subsuperficial cámbico lo cual se indica por: cambios en la estructura del suelo, decoloración del color parduzco y no cumplir los estándares para ser considerado un horizonte argílico, pero a pesar de ello y de presentar arcilla iluvial, utilizando el sistema de Clasificación de la FAO (FAO, 2006), sería agrupado dentro de los **Cambisols**.

Este suelo, al no presentar características particulares diferenciativas dentro de los Cambisols, se revela su carácter Háplico: esta característica se usará como prefijo calificador del Cambisols.

El carácter Calcaric de este suelo se prueba con la existencia de un horizonte de más de 15 cm de espesor con materiales que presentan más de 20 g kg⁻¹ de carbonato de calcio equivalente o y esta característica se usará como sufijo calificador del Cambisols.

En base a lo discutido, en los párrafos precedentes, el suelo es clasificado, mediante el Sistema FAO 2006 como **Haplic Cambisols (Calcaric)**.

D.3. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN TERCER SUELO: TOBAR-LA TIA

Las distintas geoformas existentes en la zona de estudio son el resultado de la interacción de ciertos fenómenos tectónicos, orogénicos y climáticos, que han dado lugar a procesos erosionales, deposicionales y de sedimentación principalmente, ocurridos a través del tiempo (Buol et al, 2003). En la Tabla 4.5 se observan las características del perfil del suelo sobre el cual se ha realizado el experimento.

Tabla 4.5. Descripción del Tercer Suelo: TOBAR-LA TIA.

Localización	: Tobar - Burgos	
Fisiografía	: Piedemonte	
Altitud	: 876 msnm.	
Vegetación y uso del suelo	: Leguminosas, tomate.	
Pendiente	: 0-1%	
Material Parental	: Sedimentos coluvio-aluviales	
Drenaje	: Moderado	
Horizontes Diagnóstico	: Epipedón ócrico	
Régimen de humedad	: Ústico	
Régimen de temperatura	: Mésico	
Horizontes:		
Horz.	Prof/cm.	Descripción
Ap	00 - 30	Franco arcilloso; pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; granular fino a medio, moderado; firme; raíces finas, medias y gruesas, abundantes; grava fina y media en un 10%; reacción ligeramente alcalina (pH 7.4); alto contenido de carbonato de calcio (566.4 g kg ⁻¹); contenido bajo de materia orgánica (17.3 g kg ⁻¹); alto contenido en fósforo (46 mg kg ⁻¹) y alto contenido en potasio disponible (1484 mg kg ⁻¹); permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al
C1	30 – 50	Franco arcilloso; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; masivo; firme; raíces finas, medias y gruesas, pocas; grava fina y media en un 40%; reacción ligeramente alcalina (pH 7.6); alto contenido de carbonato de calcio (590 g kg ⁻¹); contenido bajo de materia orgánica (11.1 g kg ⁻¹); permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al
C2	50 – 90	Franco arcilloso; pardo pálido (10YR 6/3) en húmedo; masivo; firme, raíces finas y medias, pocas; grava fina y media en un 30%; reacción ligeramente alcalina (pH 7.5), alto contenido de carbonato de calcio (601.1 g kg ⁻¹); bajo contenido de materia orgánica (10.4 g kg ⁻¹), permeabilidad moderadamente lenta. Límite de horizonte claro al
C3	90 –120	Franco arcilloso; pardo pálido (10YR 6/3) en húmedo, masivo, firme; raíces finas, pocas; grava fina y media en un 10%; reacción ligeramente alcalina (pH 7.5); alto contenido de carbonato de calcio (591 g kg ⁻¹); bajo contenido de materia orgánica (8.1 g kg ⁻¹); permeabilidad moderadamente lenta.

Materia Orgánica: Bajo: menor 20 g kg⁻¹, Medio: 20 a 40 g kg⁻¹, Alto: mayor 40 g kg⁻¹.

Carbonato de Calcio: Bajo: menor 10 g kg⁻¹, Medio: 10 a 50 g kg⁻¹, Alto : mayor 50 g kg⁻¹.

pH: Fuertemente ácido: <5.5, Mod.ácido:5.6 a 6, Lig. Ácido: 6.1 a 6.5, Neutro: 7, Lig. Alcalino: 7.1 a 7.8. Mod. Alcalino: 7.9 a 8.4, Fuertemente alcalino: mayor 8.4.

Fósforo: Bajo: menor 7 mg kg⁻¹, Medio: 7 a 14 mg kg⁻¹, Alto: mayor 14 mg kg⁻¹.

Potasio: Bajo: menor 100 mg kg⁻¹, Medio: 100 a 240 mg kg⁻¹, Alto: mayor 240 mg kg⁻¹.

Del análisis de estas características se observa que el suelo, representado por su perfil, Tabla 4.5, se ha formado a partir de sedimentos coluvio-aluviales, bajo un régimen de humedad ústico. Estos sedimentos, de colinas y montañas, han sido transportados a través de la pendiente, auxiliados en su momento por las precipitaciones estacionales y depositados en su base en forma de materiales finos y fragmentos de roca (grava), llegando a formar paisajes de piedemonte con pendientes menores al 1%. El grado de desarrollo del perfil se encuentra acorde con el tiempo cronológico desde la deposición del sedimento, que constituye su material originario, y la intensidad de actuación de los factores formadores del suelo (Buol et al., 2003).

Son suelos moderadamente profundos a profundos con perfil de tipo AC y un horizonte A disturbado de 30 cm de espesor y color pardo oscuro, con value mayor de 3, evidenciando la formación de un epipedón ócrico, de estructura granular media a fina y textura franco arcillosa. El horizonte A descansa sobre un horizonte C, pardo oscuro, masivo, de 20 cm de espesor, textura franco arcillosa, 40% de grava media y fina.

Dos estratos, C1 y C2, se encuentran debajo del horizonte anterior y sirven de base al perfil: son masivos, de textura franco arcillosa, de color pardo pálido y con grava fina a media que disminuye en cantidad con la profundidad (30 a 10%). El drenaje es moderado y la permeabilidad moderadamente lenta, Tabla 4.5.



Figura 4.5. Perfil del Suelo TOBAR-LA TIA

En la Tabla 4.6 podemos visualizar las características químicas de este suelo nos señalan una reacción ligeramente alcalina (pH 7.4-7.6) con presencia uniforme de carbonato de calcio en todo el perfil, con valores mayores a 560 g kg⁻¹ y que no evidencia un carácter iluvial, es decir, la migración mecánica de la arcilla de los horizontes superficiales a los horizontes profundos del perfil, alcanzando la saturación de bases valores de 100%. La materia orgánica presenta valores bajos en los dos primeros horizontes (17.3 a 11.1 g kg⁻¹), pero niveles muy bajos en el subsuelo llegando a ser de 8.1 g kg⁻¹, lo que contrasta con los altos niveles de fósforo y potasio disponible. La fertilidad natural de este suelo se calificaría como media.

Por su ubicación sobre paisajes de piedemonte, su escaso desarrollo, evidenciado por las características uniformes que presenta en todo el perfil, indica que este suelo pertenece al orden **Entisols** de la *Soil Taxonomy* 2014.

La presencia de los fragmentos gruesos (gravas) en un contenido mayor al 35% en la sección control, conforme al tamaño de partículas, ubica a este suelo en el suborden **Orthents** (Soil Survey Staff, 2014).

Tabla 4.6. Análisis Físico-Químico del Suelo TOBAR-LA TIA

Horizonte Genético	Prof. (cm)	pH	C.E. dSm ⁻¹	CaCO ₃ g kg ⁻¹	MO g kg ⁻¹	NT g kg ⁻¹	C.O. g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹
Ap	0-30	7,4	0,50	566,4	17,3	0,87	10,03	46,0	1484
C1	30-50	7,6	0,57	590,2	11,1	0,56	6,44	44,0	1111
C2	50-90	7,5	0,54	601,1	10,4	0,52	6,03	38,4	890
C3	90-120	7,5	0,53	590,6	8,1	0,41	4,70	38,1	888

Horizonte Genético	Prof. (cm)	Granulometría			Clase	CIC	Cationes intercambiables cmol (+) kg ⁻¹			
		Arena	Limo	Arcilla			Textural	cmol (+) kg ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Ap	0-30	220	480	300	Fr.Ar.	25.00	20.55	2.83	1.23	0.39
C1	30-50	230	410	360	Fr.Ar.	27.00	23.00	2.67	1.02	0.31
C2	50-90	240	420	340	Fr.Ar.	20.00	17.24	1.63	0.97	0.16
C3	90-120	240	440	320	Fr.Ar.	17.00	15.31	0.89	0.79	0.01

Abreviaturas: C.E.: Conductividad Eléctrica. MO: Materia Orgánica. NT: Nitrógeno Total. C.O.: Carbono orgánico. CIC: Capacidad de Intercambio catiónico. Fr.Ar.: Franco Arcilloso.

Este suelo, además, se ha formado bajo un régimen de humedad ústico, el cual indica un estado en que el suelo está húmedo, en la sección control, un máximo de 90 días acumulados en años normales, lo que es observable en la zona, por lo que se agrupan dentro del gran grupo de los **Ustorthents**. La no existencia de otras características de diagnóstico o presencia de materiales que modifiquen el comportamiento de los Ustorthents nos indican su carácter Typic.

En base a lo discutido en los párrafos precedentes, el suelo es clasificado según el subgrupo de la Soil Taxonomy 2014, como **Typic Ustorthents** y su identificación vernacular por su localización sería **suelo TOBAR-LA TIA**.

Este suelo, al tener escaso desarrollo y estar formado por estratos similares, depositados uno sobre otro en diferente tiempo y presentar alto porcentaje de fragmentos de roca, se agrupa dentro de los **Regosols**, utilizando el sistema de Clasificación de la FAO (FAO, 2006).

La no identificación de otras características de diagnóstico o la presencia de materiales que modifiquen el comportamiento del Regosols identificado, nos indican el carácter **Haplic** de este suelo, y esta característica será utilizada como prefijo calificador del Regosols indicado.

En este suelo se ha observado un horizonte de más de 15 cm de espesor, con materiales que presentan más de 20 g kg⁻¹ de carbonato de calcio equivalente: esto indicaría el carácter **calcáric** de este suelo, término que se usará como sufijo para calificar al Regosols.

En base a lo discutido en los párrafos precedentes, el suelo es clasificado mediante el Sistema FAO 2006, como **Haplic Regosols (Calcaric)**.

*La clasificación de estos suelos se basó en las características intrínsecas de los mismos y de las propiedades que se pudieron cuantificar mediante las técnicas establecidas (Soil Survey Staff, 2014), se utilizó el nivel categórico **de subgrupo** y la para la clasificación de la FAO (2006) que usa la presencia de horizontes superficiales y subsuperficiales.*

*De acuerdo a esto podemos establecer que el primer suelo de la región de Tobar ha sido clasificado según el Sistema de Clasificación de la Soil Taxonomy (2014) como perteneciente al Orden Inceptisols, Suborden Ustepts, Gran Grupo Calciustepts, Subgrupo de los **Typic Calciustepts**, al cual identificamos como **Suelo TOBAR-TAB**, este suelo según el Sistema de Clasificación de la FAO, ha sido agrupado dentro de los Cambisols y debido a características particulares observadas en el perfil y discutidas anteriormente, se ha clasificado como **Haplic Cambisols (Calcaric)** (FAO, 2006).*

*El segundo suelo, situado en las inmediaciones de una carretera del municipio de Tobar, a 3 km del primer suelo, ha sido agrupado en el Orden Inceptisols, Suborden Ustepts, Gran Grupo Calciustepts, Subgrupo de los **Typic Calciustepts** (Soil Survey Staff, 2014) y según el Sistema de Clasificación de la FAO como **Haplic Cambisols (Calcaric)**. Identificado como **Suelo TOBAR-CARR** (FAO, 2006).*

*El tercer suelo, situado a una distancia entre 3 y 4 km de los otros dos, lo agrupamos en el Orden Entisols, Suborden Orthents, Gran Grupo Usthorthents, Subgrupo de los **Typic Usthorthents** (Soil Survey Staff, 2014), y como **Haplic Regosols (Calcaric)** según el sistema de la FAO, el que ha sido descrito como **Suelo TOBAR- LA TIA***

Según la clasificación Agroclimática de J. Papadakis, el clima de Tobar, por el tipo de invierno imperante en la zona sería el Avena fresco, el tipo de verano sería el de tipo Maíz con alguna influencia del tipo Triticum menos cálido (Tabla 3.2), lo que favorecería el cultivo de patata, por favorecer la tuberización.

*El régimen térmico sería una combinación del régimen templado cálido y el Patagoniano. El régimen de humedad considerado sería el Mediterráneo húmedo Considerando el tipo de invierno, de verano, los regímenes térmico y de humedad imperantes en la zona, según Papadakis el tipo climático sería el **Mediterráneo templado fresco**.*

CAPÍTULO V

ORIGEN Y SITUACIÓN DEL CULTIVO DE LA PATATA

5.1. ORIGEN DE LA PAPA O PATATA

Procedente de América del Sur, la papa o patata se originó en la cordillera andina, en los alrededores del lago Titicaca, en Perú. Vinculada con las culturas más remotas, los primeros habitantes del Perú cazadores y recolectores nómadas colectaron tubérculos de especies silvestres que se encontraban ampliamente distribuidas en su territorio e iniciaron su domesticación.

Hace 10000 años cuando se inicia su domesticación, las plantas silvestres fueron sembrándose y cruzándose entre ellas. Los agricultores a través de los años fueron seleccionando híbridos que producían tubérculos más grandes, menos amargos y mejor adaptados a las diferentes condiciones de suelos y climas de los Andes peruanos. Se cree que la primera papa cultivada fue *Solanum stenotomum* (Luján, 1990), de allí fueron trasladados a las diferentes regiones, encontrándose evidencias arqueológicas que indican que la papa era un alimento que formaba parte de la dieta de los antiguos peruanos. Cerámica encontrada de las culturas precolombinas Moche (siglos I-VI) y Chimú (siglos IX-XIII) en la Costa de Perú, así lo ratifican.



Figura 5.1.- Evidencias arqueológicas de la cerámica Moche y Chimú representando a un alimento cotidiano, muy apreciado por los peruanos en los primeros siglos de nuestra era: “la papa ó patata”



Figura 5.2.- Distribución geográfica de las culturas Tiahuanaco y Huari (Wari)
(Fuente: Elaboración propia)

La domesticación de la papa, se inició durante la cultura Tiahuanaco (Perú) y luego fue trasladada a Huari (o Wari) lo que es hoy Bolivia y Chile. El Antropólogo Engel (1970) encontró papas fósiles con una antigüedad estimada en 10500 años. Más tarde fue hallada, ilustrada y descrita una colección de 21 tubérculos de papa provenientes de 4 sitios arqueológicos diferentes situados en los valles de Casma, los cuales tienen una antigüedad de 4000 a 7000 años. (Ugent et al., 1982). Los estudios genéticos indican que la papa fue domesticada originalmente en esta área geográfica y que luego se difundió hacia el norte y hacia el sur, distribuyéndose por toda Sudamérica. (Spooner et al., 2005, 2007)

A lo largo del tiempo, la distribución de la papa a lo largo de toda Sudamérica indujo la creación y desarrollo de nuevos **centros de diversidad genética**, como el del **archipiélago de Chiloé en Chile**, (Ames et al., 2008) del que proceden casi todas variedades cultivadas en Europa, (Hawkes, 1983, 1990; Ames et al., 2008) y el de la región de Bogota en Colombia (Hawkes, 1999).

Se cree que la papa fue llevada desde el antiguo Perú a España en 1554 como una curiosidad. En el Imperio Inca, el nombre común asignado a este tubérculo era **“papa”**, que es el que se extendió posteriormente por toda Sudamérica. El nombre de **“patata”** no deriva de este, sino de **“batata”** nombre que los indios **“Arawak”** del Caribe designaban a los tubérculos de **Ipomoea**. Los españoles al pensar que se trataba de la misma planta dieron a todas las plantas tuberosas el nombre de **“batata”**. Como degeneración surgió el actual nombre de **“patata”** que es el que existe hasta la actualidad. Cuando los españoles llegaron al Perú, **la papa ó patata** era una planta altamente evolucionada al igual que las técnicas agrícolas para su producción.

En 1573, las persistentes sequías y hambrunas ocurridas entre 1571 y 1574 en Sevilla, empujaron a un centro benéfico de la ciudad a comprar “los nuevos tubérculos” para alimentar a los pacientes de un hospital y luego en vista de los magníficos resultados, comenzaron a ser sembradas en la huerta de hospitales y conventos. Durante la primera mitad del siglo XVII se fue extendiendo por España y sus cosechas tuvieron como principales consumidores a los soldados y a las personas más indigentes y menesterosas de las ciudades y campos. (Spinetti, 1990).

Desde España se distribuyó muy lentamente por toda Europa y el resto del mundo. En los Países Bajos se comenzó a cultivarla con sentido económico hacia el año 1620, inicialmente considerada una planta ornamental y luego utilizada para el alimento del ganado. No fue hasta finales del siglo XVIII cuando la papa adquiere importancia como cultivo básico para la alimentación humana. En 1771, la Academia de Besançon instituye un importante premio, para el que descubriese algún vegetal que fuese capaz de complementar o sustituir a los cereales en la alimentación humana en caso de escasez, es así como el farmacéutico y agrónomo francés Antoine Augustin Parmentier (1737-1813), gana el premio con el trabajo: *“Examen Chymique Des Pommes de Terre”* en el que ensalzaba las cualidades nutricionales de la papa. Pero no fue hasta 1785, después de unos años de hambrunas, en las que Luis XVI le concede al fin, unos terrenos para que cultivara estos tubérculos y experimentara con ellos. (Spinetti, 1990). Poco a poco la población comenzó a consumirlas y a cultivarlas. Thomas Jefferson fue embajador en París a finales del siglo XVIII, probó y degustó las “patatas al estilo Francés” y más tarde la serviría a sus invitados en la Casa Blanca, durante sus años de permanencia frente al gobierno, al ser

proclamado Presidente de los Estados Unidos. Las primeras parcelas de patatas en América del Norte se cultivaron en 1719. (FAO, 2008)

Tras la duda inicial de si su cultivo era o no perjudicial para la salud, los agricultores europeos, incluidos los de Rusia, donde la papa recibía el mote de “manzana del diablo” comenzaron a producir patatas a gran escala, convirtiéndose así en reserva alimentaria de Europa durante las guerras napoleónicas y para 1815 ya era un alimento básico en el norte del continente. Para entonces la revolución industrial transformaba la sociedad agraria, desplazando a millones de habitantes del medio rural hacia las hacinadas ciudades. En el nuevo entorno urbano la patata se convirtió en el primer alimento moderno, nutritivo, con alto contenido de energía, fácil de cultivar en parcelas pequeñas y listas para cocinarse sin gran costo.

5.2. SITUACIÓN DE LA PATATA EN EL MUNDO

El mercado mundial de la patata atraviesa grandes cambios, hasta inicio de la década de 1990, casi la totalidad se producía y consumían en Europa, América del Norte y en los países de la antigua Unión Soviética. Desde entonces se ha producido un espectacular aumento de la producción y la demanda de patata en Asia, África y América Latina. En la actualidad más de una tercera parte de la producción mundial es cosechada en la China y en la India.

En el año 2013, según la Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial de papa se ubicaba en 376 millones de toneladas, con un área cosechada de 19.34 millones de hectáreas, obteniéndose un rendimiento promedio aproximado de 19.47 toneladas por hectárea. La patata ya forma parte importante del sistema alimentario mundial, en los últimos 10 años el volumen promedio de la producción ha sido de 330 millones de toneladas, con picos extremos de 307 y 376 millones de toneladas generadas por las variaciones productivas de los seis principales productores mundiales; los cuales constituyen más del 59% del total producido. China se ha convertido en el primer productor mundial de patata con el 25.49% del total mundial, seguido por la India 12.04%, Federación Rusia 8.03%, Ucrania 5.91%, EEUU 5.27% y Alemania 2.56%. (FAO, 2015).

Si bien la producción de patata en los países desarrollados, especialmente en Europa ha disminuido en promedio un 1 % al año en los últimos 20 años, la producción en los países en desarrollo ha aumentado a una tasa promedio del 5% anual. Los países asiáticos en particular China y la India han impulsado este crecimiento. Asia y Europa son las principales regiones productoras de patata en el mundo. En América del Norte, la producción de patata se concentra en Estados Unidos y Canadá, que ocupan el 5° y 14° lugar, respectivamente en la producción mundial de papa. Desde 1990 ambos países han obtenido considerables aumentos de los rendimientos por unidad de superficie, los que hoy promedian unas 39 toneladas por hectárea en los Estados Unidos. En Canadá la patata representa una tercera parte de la facturación agrícola de hortalizas, con lo que se convierte en el cultivo más importante. Casi el 37% del total de la cosecha de este cultivo se destina a la exportación. Ambos son grandes exportadores de productos de papa congelada.

En América del sur, el Perú es el primer productor latinoamericano de patata con una cosecha record de 4.57 millones de toneladas. En los últimos siete años, la producción ha crecido un promedio de 3.71% anual, su consumo per cápita 8.9 %, el área sembrada y sus rendimientos en 2.6 y 3.3 % respectivamente. Perú produce el 26.6 % del cultivo en

Sudamérica, seguido de Brasil 25.1%, Colombia 14.8% y Argentina 14.1% hecho que según la FAO, convierte al Perú en el mayor productor de patata de esta parte del globo. (FAO, 2014).

Tabla 5.1.- Producción de patata en el mundo en miles de toneladas

Países	2009	2010	2011	2012	2013
China	73 282	81 594	88 354	92 808	95 988
India	34 391	36 577	42 339	41 483	45 344
Federación Rusa	31 134	21 141	32 681	29 533	30 199
Ucrania	19 666	18 705	24 248	23 250	22 259
Estados Unidos	19 622	18 338	19 488	20 991	19 844
Alemania	11 618	10 202	11 837	10 666	9 670
Bangladesh	5 268	7 930	8 326	8 205	8 603
Francia	7 253	6 622	7 440	6 341	6 975
Países Bajos	7 181	6 844	7 333	6 766	6 801
Polonia	9 703	8 766	8 197	9 092	6 334
Bielorrusia	7 125	7 831	7 148	6 911	5 914
Reino Unido	6 396	6 056	6 310	4 553	5 580
Irán	4 108	4 274	5 578	5 400	5 560
Argelia	2 636	3 300	3 862	4 219	4 928
Egipto	3 659	3 643	4 338	4 758	4 800
Canadá	4 581	4 422	4 168	4 590	4 620
Perú	3 765	3 814	4 072	4 475	4 571
Malawi	3 428	3 674	3 613	4 152	4 536
Turquía	4 398	4 548	4 613	4 795	3 948
Pakistán	2 941	3 142	3 492	3 393	3 802
Brasil	3 444	3 548	3 917	3 732	3 554
Bélgica	3 296	3 456	4 129	2 930	3 480
Kazajstán	2 756	2 555	3 076	3 126	3 344
Rumanía	4 004	3 284	4 077	2 465	3 290
Nepal	2 424	2 518	2 508	2 584	2 690
Otros países	56 656	56 835	59 930	59 377	59 821
Total en el Mundo	334 734	333 617	375 077	370 595	376 453

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos proporcionados por Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations / © FAO Statistics Division 2015 - 23 September 2015

Aunque en el ámbito mundial la producción peruana representa sólo el 1.21% bastante alejada de los grandes productores como son China, India y Rusia, en este país se mantiene el banco de germoplasma más grande del mundo y donde se cultivan variedades desconocidas para el resto del planeta. Para la mayoría de los pequeños campesinos de la región andina, la patata sigue siendo un cultivo tradicional ligado al consumo familiar más que a la producción industrial cultivándose desde una altura de entre 2500 y poco más de 4000 msnm. Es en las alturas de los Andes peruanos, que la diversidad genética de cientos de variedades autóctonas de papa garantiza la seguridad de las comunidades rurales.

5.3. SITUACIÓN EN EUROPA

En la última reunión de la North-Western European Potato Growers (NEPG), asociación que integra a los cultivadores de patata de los principales países productores del noroeste de Europa: Francia, Bélgica, Reino Unido, Alemania y Holanda se hicieron

públicas las cifras de producción, superficie y rendimiento de la campaña 2013. La producción de estos países alcanzó los 32.51 millones de toneladas, siendo Alemania el primer productor, participando con el 29.74% de la producción, seguido de Francia 21.46%, Holanda 20.93%, Reino Unido 17.17% y Bélgica 10.71%. Todos ellos contribuyen con el 8.63% a la producción mundial de patatas.

Tabla 5.2.- Superficie (ha) de la North-Western European Potato Growers (NEPG),

Países	2012	2013	(%)Variac. 2013/2012	Media Cinco años	(%)Variac 2013-media
Bélgica	67 996	76 195	+12.1	69 289	+10.0
Alemania	157 500	161 800	+2.7	165 963	-2.5
Francia	113 240	117 150	+3.5	106 257	+7.2
Holanda	67 452	70 700	+4.8	70 129	+0.8
Reino Unido	105 800	106 000	+0.2	110 405	-4.0
Total	511 988	531 845	+3.9	525 042	+1.3

Fuente: NEPG, 2014

Tabla 5.3.- Producción (miles t) de la North-Western European Potato Growers (NEPG),

Países	2012	2013	(%)Variac 2013/2012	Media Cinco años	(%)Variac 2013-media
Bélgica	3.128	3.650	+16.7	3.398	+7.4
Alemania	7.623	6.553	-14.0	7.650	-13.3
Francia	4.690	5.235	+11.6	4.841	+8.1
Holanda	3.384	3.542	+ 4.7	3.608	-1.8
Reino Unido	4.073	4.876	+19.7	5.093	-4.2
Total	22.899	23.856	+ 4.2	24.499	-2.6

Fuente: NEPG, 2014

Es destacable la recuperación que ha tenido el Reino Unido en la campaña 2013, con respecto al del año anterior, arrojando una producción de 4 876000 t, nos encontramos con 800 000 t más que la campaña 2012, con un insignificante crecimiento de superficie del 0,2%. Esto se ha debido en gran medida a los rendimientos, que han compensado la disminución de la superficie sembrada. También es necesario enfatizar las mejoras agronómicas que se han llevado a cabo en este país, como la protección de cultivos, los regímenes de fertilización, el cambio de variedades y al empleo del riego, acompañadas de condiciones climáticas favorables. La elección de variedades que han estado más influenciadas a las condiciones de los lugares donde han sido sembradas, han favorecido esta destacable recuperación.

También se observan mejoras en la producción de países como Francia que ha incrementado su producción en 545 000 t con respecto a la campaña anterior, del total de su producción casi el 23% se destina a la transformación industrial, el 65% es adquirida bajo contrato y el resto adquirida en el mercado libre. A diferencia de Bélgica y Holanda, el desarrollo de la industria transformadora es limitado, con un pequeño aumento de la capacidad productiva en los últimos años. Muchas patatas son exportadas desde Francia para ser transformadas, volviendo luego a ser importadas como “French Fries”, chips o flakes.

Debemos hacer hincapié que Francia luego de sufrir unos años de lentos descensos en su producción, ahora se ha estabilizado, gracias a que está dando más importancia al

desarrollo de la calidad, aptitud para el lavado, la segmentación en la cocina y técnicas implacables de marketing. El mayor desarrollo que se ha visto en los últimos 15 años han sido las exportaciones de patata para consumo en fresco, actualmente casi el 50% de la producción francesa es exportada, siendo los principales compradores España, Italia y Portugal.

La producción de patatas en Bélgica ha estado siempre estrechamente ligada a la industria transformadora, en los últimos 20 años se ha extendido de manera asombrosa y para satisfacer las necesidades crecientes de la industria, la superficie de este cultivo ha tenido que ser incrementado desde 52 000 has en 1994 hasta las 76 195 has en el año 2013, alcanzando una producción de más de 3 650 000 t en la campaña 2013, habiendo incrementado su producción en 522 000 t en comparación a la campaña anterior. A pesar de este incremento, la industria belga anualmente tiene que importar de sus países vecinos principalmente Holanda, Francia y Alemania, entre 500 y 800 mil toneladas de patatas para poder satisfacer la creciente y fuerte demanda industrial.

Bélgica es el segundo mayor productor de patata temprana para la industria después de Alemania. Este cultivo de primor empieza a entrar en la industria desde mediados de junio hasta finales de agosto, dependiendo de la campaña. En la última década el sector productivo de patata Belga está empleando recursos en el mejoramiento de prácticas agronómicas, incidiendo en el riego, empleando nuevas variedades, de mayor producción, mejorando la calidad en el envasado y técnicas de marketing para mejorar el consumo local.

Holanda ha incrementado su producción de patata de consumo en 145 mil toneladas con respecto a la campaña anterior, llegando a producir 3.5 millones de toneladas. A pesar de que la tierra para cultivar es más cara que en cualquier otra región del noroeste europeo, la clave fundamental para los agricultores holandeses son los altos rendimientos, las economías de escala y las estrategias adecuadas de cultivo que emplean.

La producción de patatas de Holanda para el año 2013, se ha incrementado sustancialmente, siendo más de 7 millones de toneladas, de las cuales ha destinado para patata fécula 2 millones, 3.5 millones para consumo e industria y 1.5 millones para patata de siembra. La industria transformadora de patatas de Holanda ha crecido muchísimo en los últimos 15 años, ofreciendo a los productores una salida eficaz a sus cultivos. Aún con estas producciones la producción actual no es suficiente para cubrir la demanda, por lo que la industria transformadora importa patatas de sus vecinos, especialmente Bélgica, Francia y Alemania.

Hasta hace poco tiempo Holanda era el mayor exportador de patata fresca en el mundo, mientras que ahora se sitúan como mayores exportadores mundiales Francia y Alemania. Holanda sin embargo es, de lejos, el mayor exportador de patata de siembra en el mundo, con unas 778 mil t exportadas, en la última campaña.

Alemania es el mayor productor de patatas del noroeste de Europa con una producción anual de 7.5 millones de toneladas de patatas, de las cuales 6.54 millones de toneladas son dedicadas al consumo y la industria. (Tabla 5.3) El total de superficie sembrada es de 241 mil hectáreas, destinándose al consumo humano sólo 161.8 mil hectáreas, el resto son dedicadas a patata de fécula y patata de siembra. Las mayores exportaciones entre 1.4 y 2.4 millones de toneladas son llevadas a Bélgica y Holanda sus principales clientes. La superficie de patata temprana para la industria ha permanecido

inalterable en los últimos años entre 15 y 18 mil hectáreas, debido a las diferencias en las propuestas de contratación que existen de campaña en campaña.

5.4. SITUACIÓN EN ESPAÑA

Es importante señalar que España es un país privilegiado, ya que puede producir patatas a lo largo de todo el año, a diferencia de otros países europeos, con climas más fríos que impiden que esta producción se pueda realizar en invierno y primavera. La producción española está muy por debajo de la demanda del mercado. Se importan Anualmente más de 700.000 toneladas, de las que más del 70 % proceden de Francia.

Los canales de comercialización de la patata en España son complejos, y muy variados, por ejemplo la patata de media estación se produce en su mayor parte desde su recogida, durante los meses de verano, hasta los primeros meses de invierno. Ya a primeros de otoño empieza a aparecer la patata tardía, que se comercializa a lo largo del invierno e incluso en primavera. La patata puede llegar a conservarse en condiciones aceptables incluso hasta junio, pero no se suele almacenar en su mayor parte más que uno o dos meses, debido a los altos costes que ello conlleva. Necesitamos conocer las producciones de patata en España y cuáles son los criterios que se utiliza para mencionar a cada tipo de patatas, dependiendo de su recolección.

5.5. PRODUCCIÓN DE PATATAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL MERCADO

Desde el punto de vista del mercado, y según la época de recolección con los criterios que emplea el Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio ambiente, se pueden distinguir las siguientes producciones:

1. **Patatas extratempranas:** Llamadas también precoces. Es patata de calidad, destinada en gran medida a la exportación. Se plantan entre octubre y noviembre y se recogen entre el 15 de enero y 15 de abril. Las variedades más frecuentes son *Spunta* y *Monalisa*. (García, 2013) Las principales zonas productoras son las provincias costeras cálidas. Son típicas de Canarias y Andalucía oriental.
2. **Patatas tempranas:** Es patata que también es destinada a la exportación. Se plantan entre diciembre y febrero, y se cosechan entre el 15 de abril y el 15 de junio. Se produce sobre todo en la costa mediterránea (Valencia, Murcia, Cataluña) y al final del periodo se empiezan a recolectar primero las variedades de ciclos más cortos de Asturias y alguna zona de Galicia. Las principales zonas productoras son las provincias costeras o con bajo riesgo de heladas.
3. **Patatas de media estación o Semitardías:** Producciones típicas de las zonas de interior y del norte de España. Se plantan de diciembre a febrero, y se recoge entre el 15 de junio y el 30 de septiembre. Tiene importancia en Castilla y León, Castilla-La Mancha, Extremadura (Badajoz) y Galicia. Las variedades más cultivadas en esta época son *Kennebeck*, *Jaerla*, *Red Pontiac* y *Desirée*.

4. **Patatas tardías:** Es importante sobre todo en la mitad norte (en Castilla y León, Galicia, La Rioja y País Vasco). Se plantan de julio a agosto y se recoge entre el 1 de octubre y el 15 de enero. Distinguiéndose entre **tardías** que se recogen hasta noviembre y **muy tardías** que se recogen hasta enero. Muy típicas de Andalucía que se recogen entre noviembre y enero. Se cultivan en las mismas provincias que las anteriores, aunque se busca que sean zonas más templadas, las variedades suelen ser las mismas, la diferencia fundamental está en el ciclo, son patatas cuyo ciclo se prolonga aproximadamente un mes más que las anteriores.

En España la producción anual de patatas asciende a 2.18 millones de toneladas, obtenidas en una superficie de 72431 ha. Durante la campaña del 2013, el 70.3% de esta superficie fue cultivada bajo riego y el resto bajo secano, siendo el rendimiento promedio de 35 toneladas por hectárea. (Tabla 5.4). De toda la superficie destinada al cultivo de tubérculos para consumo humano, el 97.9%, se destina al cultivo de patata. MAGRAMA (2014)

Tabla 5.4.- Resumen nacional de superficie, rendimiento y producción de patata 2013

Cultivos	Superficie (Hectáreas)			Rendimiento (kg/ha ⁻¹)		Producción (toneladas)
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	
PATATA						
Extratempрана	833	2 988	3 821	13 663	25 314	85 916
Temprana	3 205	8 887	12 091	16 659	28 805	309 356
Media Estación	14 062	20 434	35 096	18 898	35 099	994 291
Tardía	2 802	18 622	21 424	20 410	39 487	792 519
Total patata	21 501	50 930	72 431	18 559	35 010	2 182 082

Fuente: MAGRAMA, 2014.

Tabla 5.5. Datos de superficie y producción de patata en España para los años 2013 (datos definitivos), 2014 (datos provisionales) y 2015 (avances).

Cultivos	Superficie (Miles Hectáreas)			Producción (Miles toneladas)		
	2013	2014 Provisional	2015 (Avances Junio)	2013	2014 Provisional	2015 (Avances agosto)
PATATA						
Extratempрана	3.83	3.48	3.63	85.93	84.74	---
Temprana	12.09	12.03	12.01	309.36	308.64	---
Media Estación	35.11	33.51	31.23	1011.81	974.20	984.80
Tardía	21.43	23.29	20.26	792.53	945.60	823.58
Total patata	72.43	72.31	70.13	2 199.63	2 313.18	2 129.21

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos el 21 Octubre 2015 en MAGRAMA (2015)

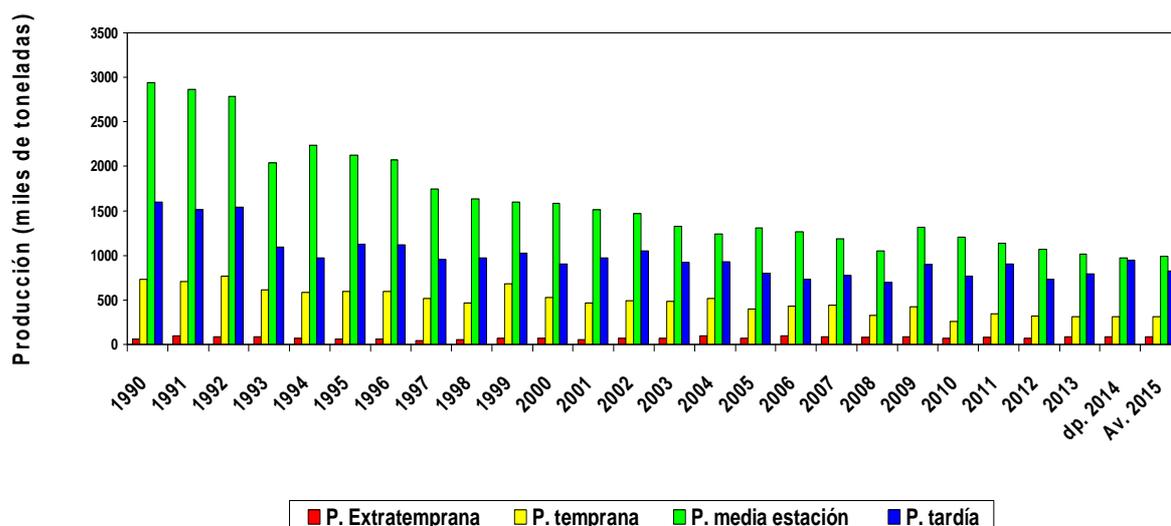


Figura 5.3.- Evolución de la producción de patata Extratemprana, temprana, de media estación y tardía.
Fuente: Elaboración propia con datos mensuales y anuales del MAGRAMA (2015)
dp. : Datos provisionales. Av.: Avances

En la figura 5.3 se puede observar la evolución de la producción nacional de patata desde 1990 hasta nuestros días, en esta serie 1990-2015 hay una disminución progresiva de la producción de los 5.33 millones de toneladas que se producían en el año 1990, hasta estabilizarse entre los años 2003 y 2004 en torno a los 2.3 a 2.6 millones de toneladas. Podíamos señalar que la producción se mantiene estable, a pesar de las pequeñas diferencias de campaña en campaña.

Los avances estadísticos oficiales publicados en Octubre del 2015 por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, señalan una producción definitiva para el año 2013 de 2.20 millones de toneladas de patata (Tabla 5.5), 17.53 mil toneladas más que con respecto a los datos previos que nos señalaba la campaña anterior (MAGRAMA, 2014). En esta nos señala unos datos provisionales con un ligero incremento en la producción de patata de media estación (1011.8 mil toneladas) y tardía (792.53 mil toneladas), con respecto al año 2012 que fue de 1007.8 y 750 mil toneladas respectivamente, y comparte los avances de la producción de media estación y tardía para el año 2015.

La patata ha sufrido una disminución de la superficie de cultivo para la patata de media estación, sin embargo se ha observado un aumento de su producción (Tabla 5.5). La cosecha mayor del 2013, corresponde a las patatas de media estación (de junio a septiembre) y a las tardías o de otoño, (de octubre a principios de enero); las patatas que se obtienen tempranas o de primavera y extratempranas desde mediados de enero a mediados de abril aún faltan contabilizarse éstas para el año 2014, de allí que los datos del Ministerio sólo nos ofrezca unos datos provisionales y sólo unos avances de la campaña del 2015. Las tempranas y extratempranas se obtienen en Canarias, Baleares y en el este y sureste peninsular, y las tardías y de media estación en los regadíos del interior y en los secanos de la España atlántica, donde rotan con maíz o con alubias.

Como se puede observar en la Figura 5.4, la patata en España ha sufrido una disminución de su producción, pero también de su superficie, si en 1990 se plantaba cerca de 280 mil hectáreas entre patatas extratempranas, tempranas, de media estación y tardías,

en la actualidad la superficie que anualmente se siembra fluctúa entre 70 y 76 mil hectáreas, un 73% menos que las tierras que antes se dedicaban a este cultivo.

A partir de la década de los 80, se comenzó a reducir la superficie cultivada, debido a varios factores, entre ellos la gran competitividad e inestabilidad existente en el mercado de la patata, competitividad con otros países del área mediterránea, con mayor producción, menores costes productivos y mejor calidad, la menor rentabilidad frente a otros cultivos alternativos con mejor trato dentro de la Política Agraria Comunitaria, lo que ha dado lugar a que se engendrara una crisis en el sector, acompañada de una paralización y posterior disminución de las áreas destinadas a este cultivo.

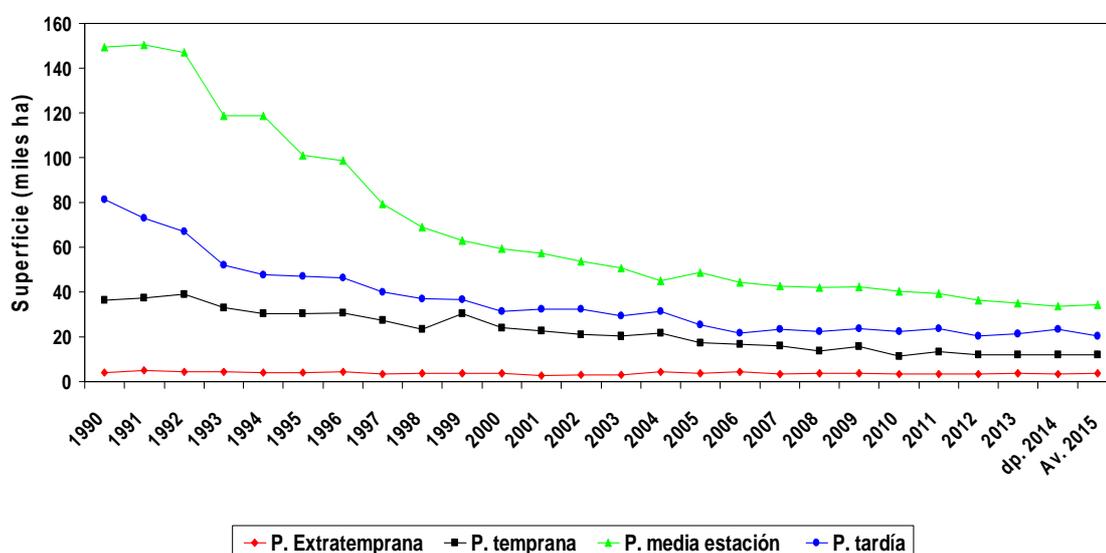


Figura 5.4.- Evolución de la superficie de patata Extratemprana, temprana, de media estación y tardía
 Fuente: Elaboración propia con datos mensuales y anuales del MAGRAMA (2015) dp. : Datos provisionales. Av.: Avances

Acompañado al descenso de superficies y producciones, se aprecia en la Figura 5.5, la evolución de los rendimientos de la patata Extratemprana, temprana, de media estación y tardía que ha sido muy positiva, se aprecia un fuerte incremento de los rendimientos medios en las variedades de media estación y tardía con algunos ligeras fluctuaciones en los últimos años, que han sido cultivadas bajo un régimen de regadío, también ha existido un incremento de las mismas variedades pero cultivadas bajo secano (MAGRAMA, 2014)

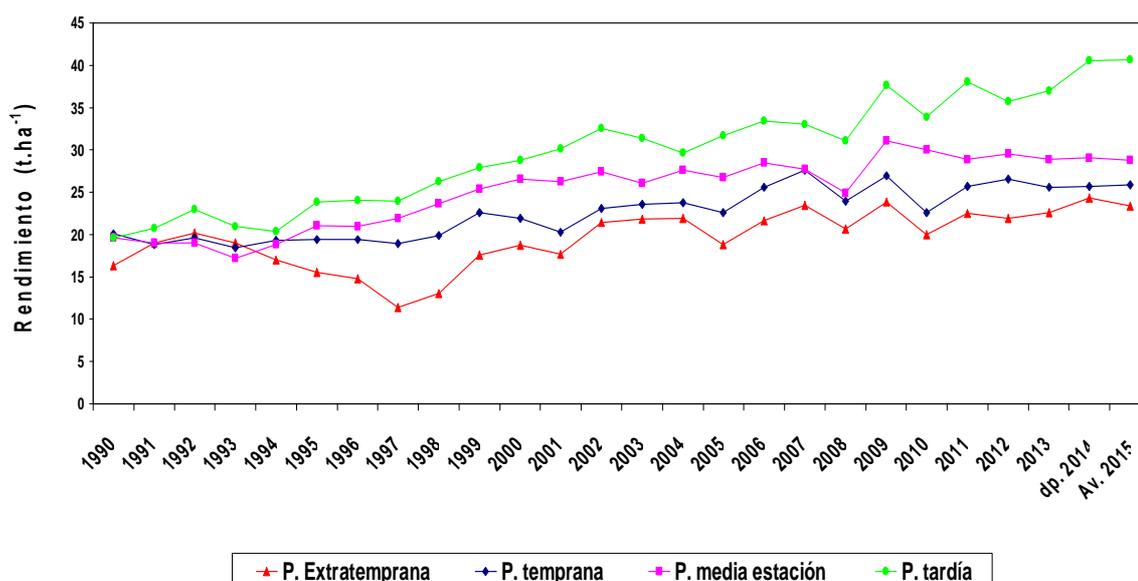


Figura 5.5.- Evolución del rendimiento de patata Extratemprana, temprana, de media estación y tardía.
Fuente: Elaboración propia con datos mensuales y anuales del MAGRAMA(2015). dp. : Datos provisionales. Av.: Avances

5.6. SITUACION EN CASTILLA Y LEÓN

La Consejería de Agricultura y Ganadería, teniendo en cuenta el potencial de la producción de patata en Castilla y León y las dificultades que este producto atravesó durante la campaña 2009, puso en marcha el *Plan Estratégico de la Patata en Castillo y León 2010-2013*, con la intención de fomentar la coordinación entre los agentes del sector a través de su participación en la Mesa de la Patata, mejorar la producción agraria, la capacidad de almacenamiento y conservación así como impulsar la rentabilidad de este cultivo mediante el establecimiento de relaciones contractuales sólidas entre todos los agentes implicados en a cadena de valor de este tubérculo.

En la Comunidad se cultivaron el año 2008, antes de ponerse en marcha este *Plan Estratégico* unas 21.661 hectáreas de patata, lo que suponía el 28,2% de la superficie total de este cultivo en España y producíamos unas de 693 600 toneladas. En este momento la producción de patatas en Castilla y León ha mejorado sustancialmente, habiendo alcanzado en unos años una producción de 873 850 toneladas, lo que supone el 39.73% de la producción total nacional de este producto (Tabla 5.7).

La importancia de este sector en la Comunidad se refleja también en la alta profesionalización de los productores de patata de la región, especialización que permite que los rendimientos obtenidos sean superiores a la media nacional, y cercanos a los más altos de los principales países productores de la Unión Europea.

Si bien la superficie en España ha acusado un notable descenso en los últimos años, en la Comunidad de Castilla y León se ha mantenido estable con ciertas fluctuaciones, desde el año 2003, aunque nuestras producciones eran bastante bajas, en ese año por

ejemplo tuvo una superficie cultivada de 20.33 mil ha, según los últimos avances registrados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente la superficie destinada para el cultivo en el año 2013 ha sido de 20.26 mil ha, esto supone un incremento del 2.13% sobre la superficie registrada en la campaña 2012 que fue de 19.84 mil hectáreas.

Si observamos la Tabla 5.6, podremos observar que en términos generales, la comunidad autónoma que más redujo su superficie, alrededor del 18.6%, en comparación con el pasado año 2012, ha sido **Andalucía** (10.516 ha), mientras que **Murcia** aumentó un 22% su superficie llegando a 2.87 mil ha en la campaña 2013. Como hemos señalado **Castilla y León** aumentó su superficie también en un 2,1%. En términos absolutos ambas Comunidades, aumentaron su superficie en unas 400 ha con respecto a la campaña pasada (ITACYL, 2014)

Tabla 5.6.- Avance de la Superficie (ha) de la patata Extratemprana, temprana, media estación y tardía por comunidades Autónomas (Año 2013)

Comunidades Autónomas	Extratemp	Temprana	Media Estación	Tardía	Total
Galicia	67	1.528	16.740	1.320	19.665
País Vasco	---	90	850	692	1.632
La Rioja	---	---	1.100	520	1.620
Castilla y León	---	48	6.533	13.682	20.263
C. La Mancha	---	240	1.536	1.040	2.816
Murcia	324	1.588	512	410	2.834
Andalucía	1.455	3.798	3.794	1.469	10.516
España	3.184	11.18	35.392	21.289	71.053

Fuente: MAGRAMA, 2013

La producción en España se concentra en Castilla y León con 873.85 mil toneladas, seguida por Galicia y Andalucía, con 466 y 268 mil toneladas respectivamente, son las comunidades que arrojan las mayores producciones, como se puede observar en la Tabla 5.7. La Comunidad de Castilla y León ha visto incrementada su producción en un 3.6% más que el año 2012 que fueron de 843.24 mil toneladas. Castilla y León destaca por aportar al total nacional un tercio de la producción global de patata, y en el caso de la patata de media estación y tardía supone dos tercios de la producción nacional, además de contar con un sector productor de carácter histórico y altamente profesionalizado que permite que los rendimientos obtenidos sean superiores a la media nacional y cercanos a los más altos de los principales países productores de la UE (ITACYL, 2014)

En la tabla siguiente se presenta la producción cultivada de cada tipo de patata por cada Comunidad Autónoma.

Tabla 5.7.- Avance de la Producción (miles de toneladas) de la patata Extratemprana, temprana, media estación y tardía por comunidades Autónomas (Año 2013)

Comunidades Autónomas	Extratemp.	Temprana	Media Estación	Tardía	Total
Galicia	1.17	27.94	410.56	26.40	466.06
País Vasco	---	2.03	25.97	20.57	48.57
La Rioja	---	---	47.00	24.20	71.20
Castilla y León	---	1.45	265.21	607.19	873.85
C. La Mancha	---	10.16	48.79	29.50	88.45
Murcia	10.24	57.96	17.41	10.66	96.27
Andalucía	34.50	99.70	100.01	34.05	268.26
España	74.71	304.38	1 019.40	801.11	2 199.6

Fuente: MAGRAMA, 2013

Con estos datos, Castilla y León mantiene en el 2013 su posición de liderazgo en la producción y superficie dedicada a este cultivo en el conjunto de España, pues con un 28% de la superficie cultivada, tiene un 40% de la producción total española. Los rendimientos alcanzados en Castilla y León, han sido de 43 t ha⁻¹ y son muy superiores a la media del rendimiento de España que son de 30,9 t ha⁻¹, situándose muy próximo a la media Europea de 44.9 t ha⁻¹

La patata es uno de los principales cultivos en valor de producción en el regadío de la Comunidad Castilla y León después del maíz y el cuarto del conjunto total (secano más regadío). Valladolid es la principal provincia productora con 186.11 mil toneladas, seguida de Salamanca Segovia y Burgos (esta última con un gran peso en la patata de siembra). Los mayores rendimientos en la última década se han obtenido en provincias como Valladolid, Segovia, Soria y Zamora (por encima de 35 t/ha).

En Castilla y León la producción de patata de secano es anecdótica situándose por debajo del 2%. En cuanto a la época de recolección toma enorme importancia la patata tardía (es la que mayormente se produce en esta Comunidad por encima del 60 %) seguida de la patata de media estación.

Salamanca es la provincia que más producción tiene de patata de media estación y Valladolid ocupa este lugar para la patata tardía. La Producción Integrada como sistema de cultivo controlado, es poco representativo en Castilla y León; siendo un reto importante para esta Comunidad, la implantación de estos métodos de producción certificada.

5.7. IMPORTANCIA DE LA PATATA A NIVEL MUNDIAL

La patata forma parte importante del sistema alimentario mundial, siendo el producto no cerealero número 1, alcanzando la cifra sin precedentes de 376.453 millones de toneladas en el año 2013, cifras definitivas para la FAO (2015). El consumo de patata se extiende vigorosamente en el mundo en desarrollo, que hoy produce más de la mitad de la cosecha mundial, y donde la facilidad de cultivo y el gran contenido de energía de este alimento, la han convertido en valioso producto comercial para millones de agricultores.

A la vez, a diferencia de los principales cereales, sólo una parte del total de la producción de la patata entra en el comercio internacional y los precios por lo general se determinan por los costos locales de producción y no por las fluctuaciones del mercado mundial. Por lo tanto, es un cultivo muy recomendado para la seguridad alimentaria que puede ayudar a los agricultores de bajos ingresos y a los consumidores vulnerables a

atravesar el momento de inestabilidad que experimentan hoy el suministro y la demanda mundial de alimentos

Es idónea para producirse donde la tierra es limitada y la mano de obra abundante, condiciones que caracterizan a una gran parte del mundo en desarrollo. La patata produce un alimento más nutritivo en menos tiempo, con menos tierra y en climas más difíciles que cualquier otro cultivo importante. Hasta un 85 por ciento de la planta es comestible para las personas, en comparación con el 50 por ciento en el caso de los cereales.

La producción mundial de patatas ha aumentado a una tasa media anual del 4,6 por ciento en los últimos 10 años, y ha superado el crecimiento de la producción de muchos otros importantes productos alimentarios en los países en desarrollo, particularmente en Asia. Si bien en Europa ha disminuido el consumo de patatas, éste ha aumentado en el mundo en desarrollo, de menos de 10 kilogramos per cápita en 1961-1963 a 23 kilogramos en 2013. Si bien el consumo de papas en los países en desarrollo sigue siendo muy inferior que en Europa (76 kilogramos al año), todo indica que en el futuro aumentará considerablemente. (FAO, 2014)

Una vez cosechada la patata, se destina a diversos fines, para consumo en fresco, se considera que casi el 50% de la producción mundial se destina al consumo en fresco, con el resto se obtienen alimentos e ingredientes alimentarios industriales, piensos para el ganado bovino, porcino y las aves de corral, almidón para la industria, y tubérculos semilla para la siguiente cosecha.

Se calcula que poco más de las dos terceras partes de los 376 millones de toneladas de patata que se han producido en el año 2013, se han destinado al consumo humano, unas 251 millones de toneladas, ya sea compradas en los mercados o de la propia cosecha de los agricultores que se dedican a ello, en diferentes formas cocidas, al horno, hervidas o fritas, en una asombrosa variedad de recetas en sopas, tortitas, bolas de masa, croquetas, en puré, como parte de ensaladas o gratinadas, entre muchas modalidades de preparación. (FAO, 2014)

Otra forma de consumo mundial y también uno de los más importantes, es el consumo de la patata con un valor añadido dentro de los productos alimentarios industriales, así las patatas se consumen en **hojuelas crocantes de patata**, el rey indiscutible de los aperitivos en muchos países desarrollados se presentan en una variedad de sabores: desde sencillamente saladas, hasta las variedades “gourmet” con sabor a carne o picantes. Algunas variedades de hojuelas se producen con masa de patata deshidratada.

Otro producto industrial son los **copos de patata deshidratada** y la **patata granulada**, con los primeros se elaboran purés de patata que son vendidos envasados en cajas, como ingrediente para preparar aperitivos y hasta como ayuda alimentaria, los Estados Unidos de América han distribuido como ayuda internacional copos de patata a diferentes lugares en todo el mundo, como ayuda humanitaria después de alguna catástrofe internacional.

Otro producto deshidratado es la **harina de patata**, la industria alimentaria utiliza esta harina que no contiene gluten pero sí abundante almidón, para aglutinar productos compuestos de diversos tipos de carnes e impartir espesor a salsas y sopas.

Las **patatas precocidas congeladas**, es otro producto muy importante a nivel mundial, comprende la mayor parte de las **patatas fritas a la francesa** que se sirven en los restaurantes y en las cadenas de alimentación rápida de todo el mundo. Su consumo va

incrementando día a día y se ha calculado en más de 11 millones de toneladas al año, este apetito mundial por estas patatas fritas a la francesa (MINAG, 2008; FAO, 2013).

La moderna industria es capaz de extraer hasta un 96% del almidón que contiene la patata cruda y así utilizar el *almidón de patata*, que es un polvo fino y sin sabor, de “excelente textura”, que da mayor viscosidad que los almidones de trigo o de maíz, y permite elaborar productos más gustosos.

Este almidón también es utilizado en la industria farmacéutica, textil, industria de la madera y del papel, como adhesivo, aglutinante, texturizador y relleno. El almidón de patata también es un sustituto 100 por ciento biodegradable del poliestireno y se utiliza por ejemplo para hacer platos y cubiertos desechables.

La patata también es usada para fabricar gomas, piensos y etanol, para producir combustibles. También es usado por las compañías petrolíferas. Por último, en Europa oriental y en los países escandinavos, las patatas molidas se someten a un tratamiento térmico para convertir su almidón en azúcares que se fermentan y se destilan para producir *bebidas alcohólicas*, como el vodka y aguardientes típicos de esas regiones. Un estudio realizado en Nueva Brunswick, provincia de Canadá productora de patata, calculó que 44 000 toneladas de desechos industriales de este cultivo podrían producir de 4 a 5 millones de litros de etanol.

5.8 VENTAJAS NUTRICIONALES DE LA PATATA. LA ALIMENTACIÓN

Las patatas son un alimento muy común en la dieta de la mayoría de la población europea, cocidas o asadas, son un alimento prácticamente libre de grasa. Los carbohidratos son los principales nutrientes energéticos presentes en las patatas, que se encuentran en forma de almidón, como fuente de energía del organismo debería representar como mínimo la mitad del consumo diario de calorías. La ventaja de la patata es que además de carbohidratos, también aporta una cantidad considerable de ciertos micronutrientes. Además de presentar una cantidad muy pequeña de proteínas: unos 3 g en una ración media de patatas cocidas de 180 g (ver Tabla 5.1). Aunque esta cantidad es menos del 10% de las necesidades diarias de un adulto, las patatas son una buena fuente de los aminoácidos lisina y triptófano y, combinadas con leche o huevos, constituyen un alimento que aporta proteínas de gran calidad.

Las patatas son una buena fuente de fibra, contribuyen a la sensación de saciedad y facilitan la función digestiva. Una ración de 180g de patatas cocidas proporciona 3 gramos de fibra, lo que representa más del 10% del consumo diario recomendado, estimado en 25 gramos (EFSA, 2010; FAO, 2010)

Las patatas son una fuente de vitamina C. Una ración media de patatas cocidas (180 g) contiene unos 10 mg, aproximadamente una octava parte de las necesidades de una persona adulta. Las patatas nuevas contienen el doble de esta cantidad, por lo que una ración normal tiene aproximadamente una cuarta parte de la cantidad de vitamina C que necesita un adulto. Aunque hay muchas frutas y zumos de fruta que contienen vitamina C, ningún otro alimento rico en almidón contiene tanta cantidad como la patata.

A pesar de que la vitamina C es sensible al calor y una parte desaparece al cocinar los alimentos, las patatas cocinadas retienen la suficiente cantidad como para constituir una buena fuente de este nutriente. La vitamina C es necesaria para tener una piel, dientes,

enciás, músculos y huesos sanos, y también contribuye a la absorción del hierro procedente de fuentes vegetales que, de otro modo, el cuerpo no asimila bien. Además, la vitamina C tiene un efecto antioxidante y algunas patatas, especialmente las de carne amarilla, naranja o rojiza contienen cantidades significativas de carotenos o flavonoides. (FAO, 2008; Souci, et al., 2008)

Las patatas también contienen varias vitaminas del grupo B. Una ración media de patatas cocidas (180 g) contiene más de una sexta parte de las necesidades diarias de un adulto de las vitaminas B₁, B₆ y folato. Estas vitaminas del grupo B tienen numerosas funciones en el organismo, incluyendo un papel importante en el metabolismo de los carbohidratos para proporcionar energía y mantener la salud de la piel y el sistema nervioso. El folato es necesario para el crecimiento y desarrollo de las células. Por esta razón, es especialmente importante garantizar el consumo de una cantidad adecuada antes y durante el embarazo. El folato también es esencial para la producción de glóbulos rojos. (FAOSTAT, 2010)

Las patatas son una buena fuente de potasio, además de contener pequeñas cantidades de magnesio y hierro. El potasio tiene muchas funciones en el organismo, sobre todo en los músculos y la contracción muscular, la transmisión de los impulsos nerviosos y la regulación de la presión arterial. La cantidad de potasio presente en las patatas es similar a la de la mayoría de frutas y verduras en relación con su peso. Pero como las patatas suelen consumirse en mayor cantidad, son una fuente importante y fiable de este nutriente. Una ración mediana de patatas cocidas (180 g) también aporta una décima parte de las necesidades diarias de magnesio y de hierro.

Por naturaleza, las patatas casi no contienen sodio. La combinación de un nivel elevado de potasio y bajo de sodio convierte a las patatas en un alimento saludable para quienes intentan reducir su tensión arterial. Las patatas pueden ser muy útiles para quienes desean perder peso o evitar ganarlo. Una ración media de patatas cocidas sin piel (180 g) contiene unas 140 calorías, un contenido energético muy inferior al de la misma cantidad de pasta cocida (286 calorías) o arroz cocido (248 calorías). Sin embargo, estas personas deben tener cuidado ya que el contenido energético de las patatas fritas puede ser el doble o el triple del de las patatas cocidas o asadas, por lo que resultan menos recomendables para quienes desean perder peso.

Otro aspecto interesante para quienes no quieren ganar peso es que las patatas tienen un elevado índice de saciedad. Debido a que la densidad energética, es decir las calorías por gramo de alimento, de las patatas cocidas o asadas es baja, consumir una gran cantidad de ellas no equivale a un gran consumo calórico (aproximadamente 140 kcal en una ración de tamaño medio). Esto puede ayudarle a sentirse lleno sin consumir demasiada energía. Un estudio realizado sobre los efectos en la saciedad de distintos alimentos halló que las patatas tienen un índice de saciedad tres veces mayor que la misma cantidad de calorías de pan blanco (Holt, 1995; De Wilde, 2005)

Debido a la gran variedad de formas de preparación de las patatas, el contenido nutricional de las comidas que las contienen es muy variable. La pérdida de nutrientes que se produce al cocinarlas depende de la temperatura y de la duración de la cocción. Al cocerlas, las vitaminas y minerales hidrosolubles, como las vitaminas del grupo B, la vitamina C y el potasio, se desprenden de las patatas y pasan al agua de cocción. Cocer las patatas con piel (aunque luego vayan a pelarse para comerlas) reduce notablemente esta pérdida de nutrientes. También se pierden algunos nutrientes al almacenarlas y en general, se recomienda mantenerlas en un lugar seco, oscuro y fresco. Sin embargo, no deben

almacenarse a temperaturas muy frías, como 4°C, ya que puede aumentar la formación de acrilamida al freírlas (De Wilde, et al, 2005)

Existe un pequeño número de personas intolerantes al gluten, una proteína presente en el trigo y el centeno. Para quienes deben seguir una dieta sin gluten y no pueden comer muchos alimentos comunes como el pan, la pasta y la mayoría de los cereales de desayuno, las patatas tienen una gran importancia. No contienen gluten y pueden ser consumidas libremente por quienes deben evitarlo o quienes prefieren no consumir trigo por otros motivos.

Tabla 5.8.- Valoración nutritiva de las patatas a diferentes tipos de preparación (100g)

	Patatas cocidas		Patatas asadas con piel	Puré de patatas con leche (7g) y mantequilla (6g)	Patatas fritas
	Con piel	Sin piel			
Energía (Kcal)	66.04	77.00	85.10	104.00	280.03
Proteínas (g)	1.44	1.81	2.61	1.81	3.31
Carbohidratos (g)	15.43	17.03	17.93	15.54	34.02
Grasas (g)	0.31	0.11	0.11	4.32	15.51
Fibra (g)	1.51	1.24	3.13	1.13	2.11
Potasio (mg)	460.10	280.00	547.11	260.14	650.03
Hierro (mg)	1.63	0.44	0.93	0.41	1.03
Vitamina B₁ (mg)	0.13	0.18	0.11	0.16	0.08
Vitamina B₆ (mg)	0.33	0.33	0.23	0.31	0.36
Folato (µg)	19.00	19.04	44.11	24.12	31.14
Vitamina C (mg)	9.00	6.31	14.23	8.14	4.21

Fuente: Mc Cance and Widdowson's (2002), Souci, et al.(2008)

5.9. LA PATATA Y LA BIODIVERSIDAD

La historia de la patata ofrece una advertencia de la necesidad de mantener la diversidad genética de nuestros alimentos básicos. En el siglo XIX, Irlanda dependía en exceso de unas cuantas variedades de patata, las mismas que no tenían resistencia a una enfermedad denominada *tizón tardío*, designada también como *rancho, hielo, gota*, es probablemente la enfermedad más importante de la patata en el mundo, ocasionada por el ataque de un hongo de *Phytophthora infestans*. Cuando esta enfermedad destruyó la cosecha entre 1845-1846, se verificó una gran hambruna, murieron de hambre un millón de personas y más de otro millón tuvo que emigrar. Se tuvo que investigar mucho para poder descubrir que existía resistencia en algunas especies silvestres de patata, como por ejemplo la *Solanum demissum*, entonces los mejoradores para poder controlar la enfermedad, incorporaron uno ó más genes de *S. demissum* a las nuevas variedades de patata, esto contribuyó para frenar en parte y proteger a los cultivos contra la enfermedad, pero la gran variabilidad del patógeno hace que esta resistencia específica sea baja y hoy en día se sigue investigando y descubriendo diferentes genes de resistencia a esta y otras enfermedades en las patatas silvestres de los Andes peruanos.

Para combatir las plagas y enfermedades e incrementar la producción, los sistemas de producción agrícola de patata necesitan un suministro constante de nuevas variedades, la patata tiene la diversidad genética más abundante que cualquier otra planta cultivada. Los recursos genéticos de los Andes, incluyen variedades silvestres, especies autóctonas cultivadas, variedades producidas por los agricultores locales e híbridos de plantas

cultivadas y plantas silvestres. Contienen una gran cantidad de características importantes, como la resistencia a plagas y enfermedades, valor nutritivo, gusto y adaptación a condiciones climáticas extremas. Constantemente se recogen, clasifican y conservan en bancos de genes y algunas de sus características se introducen en líneas comerciales de patatas mediante cruzamientos.

Los recursos genéticos constituyen un reservorio de adaptabilidad genética que actúan como un cojinete frente a los efectos potencialmente dañinos del ambiente y los cambios económicos.

La patata es uno de los cultivos con mayor diversidad genética. Esta diversidad está concentrada en la zona Andina de América de Sur, y se encuentra ampliamente distribuida en términos eco-geográficos (Hijmans *et al.*, 2002). El amplio rango de hábitats en los cuales se encuentran las patatas silvestres (desde ambientes muy fríos y sujetos a heladas en la sierra Andina, hasta condiciones muy secas de semi-desierto) demuestra la manera en que estos recursos genéticos se han adaptado al estrés abiótico y han desarrollado resistencias fuertes a un rango de plagas y enfermedades.

Aunque la taxonomía sigue estando sujeta a debate, más de 200 especies entre silvestres y cultivadas han sido nominadas (Hawkes, 1990). La patata cultivada de la zona Andina pertenece a un conjunto de especies diploides (*S. ajanhuiri* Juz. *et* Buk., *S. phureja* Juz. *et* Buk., *S. stenotomun* Juz. *et* Buk), triploides (*S. chaucha* Juz. *et* Buk., *S. juzepzuckii* Buk.), tetraploides (*S. tuberosum* L *subsp* *andigena*

Hawkes) y pentaploides (*S. curtilobum* Juz. *et* Buk.), mientras que la patata cultivada en la región litoral del sur de Chile pertenece una sola especie tetraploide *S. tuberosum* L *subsp* *tuberosum*. Estos grupos cultivados, aún siguen en estudio por ciertos investigadores que tratan de descubrir características peculiares entre estas especies (Dodds, 1962; Huamán y Spooner, 2004; Mendoza, *et al.*, 2003). *Solanum stenotomum* es probablemente el grupo más primitivo, mientras que *S. tuberosum* *subsp* *andigena* predomina como la patata cultivada más importante en los Andes. El germoplasma mejorado, el cual incluye variedades modernas y líneas en mejoramiento, es también una fuente importante de recursos genéticos de la patata.

El estado actual de la conservación *ex situ* de los recursos genéticos de este cultivo es variable, pero relativamente buenas dadas las inversiones nacionales e internacionales.

La genética y la herencia en las patatas son complejas y la creación de variedades mejoradas mediante el cruzamiento tradicional es difícil y toma mucho tiempo. Hoy se utilizan mucho las técnicas de marcado molecular basadas en el cribado y otras técnicas moleculares, con el fin de mejorar y ampliar los métodos tradicionales utilizados para producir patatas. La aplicación de marcadores moleculares a las características de interés permite determinar los rasgos más convenientes y simplifican la selección de variedades mejoradas. Técnicas que actualmente son aplicadas en muchos países con altos rendimientos por unidad de superficie sembrada.

El banco mundial de papa conservado en el Centro Internacional de la Patata (CIP) ubicado en Lima (Perú), cuenta con 4049 entradas clonales de papas cultivadas (nativas), aportadas por 18 países del mundo y 2140 entradas de semilla sexual de especies silvestres del género *Solanum*. Una colección núcleo o “core” ha sido desarrollada por el CIP basándose en datos morfológicos, geográficos y bioquímicos (Huamán 2000), la cual posteriormente se ha ajustado basándose en datos moleculares e información *a-priori*.

Se entiende que las colectas de papas silvestres requieren mayor esfuerzo en concluirse que en el caso de las cultivadas (IBPGR, 1983). Un sondeo de los bancos más grandes de los EEUU, Europa y del CIP mostró que pocas especies silvestres han sido colectadas adecuadamente considerando su distribución geográfica. Recientemente se vienen concentrando esfuerzos para mejorar los datos existentes y así orientar las colectas en el futuro (Hijmans et al. 2000).

Como complemento de los bancos de germoplasma *ex-situ*, existen valiosísimos sistemas de producción tradicional de conservación *in-situ* en el centro de origen y diversidad del cultivo, bajo las cuales, familias y comunidades campesinas manejan grandes números de cultivares nativos (Brush 1991). En el Perú, la gran diversidad de “*papas nativas*” procede principalmente de los campesinos de la zona andina entre los 3500 a 4500 msnm, y se utiliza mayormente para autoconsumo y/o intercambio con poblados o comunidades cercanas. Los llamados “*productores conservacionistas andinos*” que tienen un conocimiento íntimo sobre los atributos y manejo de esas patatas valoran su sabor, calidad culinaria y adaptación bajo diversos climas y usos. Sin embargo, los cambios sociales, presiones económicas y otros factores como los climáticos, amenazan la continuidad de la conservación de esa diversidad por productores tradicionales. El estatus *in-situ* de las especies silvestres es aún menos segura, reportándose en el Perú una pérdida de 35 de las 90 especies endémicas (Salas *et al.*, 2000).

El CIP y los programas nacionales han conducido más de 48,000 evaluaciones de “*cultivares nativos de papa*” para estreses bióticos y abióticos. Los datos se encuentran computarizados en el CIP, existiendo también datos de evaluaciones en otros bancos, aunque no existe una base de datos global. La evaluación de especies silvestres es más esporádica por las dificultades en su manejo, pero en los últimos años se han intensificado los esfuerzos dada la disponibilidad de fondos internacionales para la búsqueda de fuentes de resistencia a plagas y enfermedades emergentes. Por ejemplo, en los últimos tres años más de 50 especies han sido caracterizadas por su resistencia a la nueva población de *Phytophthora infestans* (Pérez *et al.*, 2001), 51 por su resistencia a la marchitez bacteriana, y 56 contra la polilla de la papa.

A pesar de los inconvenientes en las colectas, y la necesidad de mejorar la documentación, una gran cantidad de diversidad está disponible para los mejoradores de patata. Bajo el acuerdo con la FAO los centros del Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR) distribuyen cada año un promedio del 10% de las entradas conservadas, lo cual en general supera la tasa de intercambio entre programas nacionales.

La demanda por el germoplasma conservado en el CIP sigue aumentando junto con el número de entradas en estado ‘libre de patógenos’ y por consiguiente, aptas para la distribución. Solamente en el año 2013, el banco de germoplasma del CIP distribuyó 235 entradas de patata cultivada a otras instituciones, de las cuales 197 fueron distribuidas internacionalmente. (Mihovilovich, 2015)

El Programa de Mejoramiento del CIP viene realizando grandes esfuerzos para desarrollar fuentes de resistencia durable a las enfermedades de importancia mundial, en la lucha contra el impacto del cambio climático, identificando o desarrollando cultivares de patata con tolerancia al calor, manteniendo o mejorando la calidad y las opciones de post cosecha que puedan contribuir a incrementar el valor de los cultivos de los agricultores. El programa se fundamenta en la amplia utilización de los recursos genéticos de patatas nativas y silvestres. Se han originado poblaciones de una mezcla de especies silvestres en las que predomina la *Solanum tuberosum* sub-especie *Andígena* como fuente de

resistencia a PVY y PVX, y variedades extranjeras o líneas mejoradas de Europa la *Solanum tuberosum* sub-especie *tuberosum*, como fuente de resistencia al PLRV. La utilización de nuevas variedades de patata con resistencia a virus es considerada como una de las formas más efectivas para incrementar el rendimiento de patata y reducir los costos de producción de los agricultores. Por ello la contribución de este programa de mejoramiento se ha visto traducida en la liberación de nuevos clones los cuales requieren ser probados en invernadero y luego en campo, para poder fijar las características que se hayan fijado en estos programas de mejoramiento

El programa se fundamenta en la amplia utilización de los recursos genéticos de patatas nativas y silvestres mantenidos en la colección mundial, así como de materiales de otros programas de mejoramiento clásico, complementados con la aplicación de herramientas biotecnológicas y estrategias de manejo integrado de cultivos. El objetivo básicamente es contribuir a incrementar la base genética de las variedades mejoradas, al mismo tiempo que se desarrollan nuevas combinaciones y progenitores con resistencias múltiples y con alta calidad para el consumo fresco y/o procesamiento industrial.

La importancia de la patata (*Solanum tuberosum* L.) a nivel mundial se caracteriza por su extraordinaria capacidad de adaptación, a diferentes condiciones de suelo y clima, el consumo de patata se extiende vigorosamente en el mundo en desarrollo, que hoy produce más de la mitad de la cosecha mundial, es idónea para producirse donde la tierra es limitada y la mano de obra abundante, condiciones que caracterizan a una gran parte del mundo en desarrollo y es importante por la facilidad de cultivo y el gran contenido de energía de este alimento, convirtiéndolo en un valioso producto comercial para millones de agricultores.

Por lo tanto, es un cultivo muy recomendado para la seguridad alimentaria que puede ayudar a los agricultores de bajos ingresos y a los consumidores vulnerables a atravesar el momento de inestabilidad que experimentan hoy el suministro y la demanda mundial de alimentos.

La importancia económica de la patata radica en su elevada capacidad de producción de sustancias alimenticia por unidad de área, produce un alimento más nutritivo en menos tiempo, con menos tierra y en climas más difíciles que cualquier otro cultivo importante. Hasta es posible utilizar un 85 por ciento de la planta y aprovechar tanto como producto fresco como en producto procesado por la industria, en comparación con el 50 por ciento en el caso de los cereales.

Hoy en día la patata forma parte importante del sistema alimentario mundial, se producen más de 376 millones de toneladas para satisfacer la demanda de una población cada vez más creciente. Necesitamos resaltar las cualidades de este cultivo como producto alimentario, haciendo énfasis en sus atributos biológicos y nutritivos, y promover de esta manera su producción, elaboración, consumo y comercialización.

Las cifras elevadas de producción de algunos países como también los resultados experimentales en las diversas zonas de cultivo en el mundo, nos demuestran que los rendimientos de patata por hectárea pueden ser mejoradas, un ejemplo claro lo tenemos en el Reino Unido, que ha incrementado su producción en 800 mil toneladas con respecto al año anterior, con un insignificante crecimiento de superficie del 0,2%, llegando a 4.88 millones de toneladas, otros ejemplos los tenemos en países como Francia y Bélgica, con incrementos en sus producciones de 545 y 523 mil toneladas con respecto al año anterior con la misma superficie sembrada, esto debido en gran medida a los rendimientos que han compensado la disminución de superficie sembrada.

Durante estos últimos años el sector productivo de patata de estos países ha estado empleando recursos en el mejoramiento de sus prácticas agronómicas, tendientes a la protección de sus cultivos, mejorando y adecuando los regímenes de fertilización, eligiendo mejor sus variedades, empleando nuevas variedades de mayor producción y resistentes a plagas y enfermedades, empleando los recursos genéticos de los programas de mejoramiento, incidiendo también en el riego, mejorando la calidad en el envasado y técnicas de marketing para mejorar el consumo local.

Todos estos países han coincidido en señalar que esta destacable recuperación en su producciones se debe a la importancia de la elección de variedades y que estas sean las adecuadas a los lugares donde van a ser sembradas, desarrollando y experimentando con variedades nuevas, fruto de los cruzamientos genéticos con resistencias múltiples sin descuidar la calidad tanto para el consumo fresco como para el procesamiento industrial

De allí que en este trabajo de investigación como Tesis Doctoral, se realice el estudio comparativo de variedades y clones avanzados de patata para conocer su comportamiento agronómico, productividad y adaptación a las zonas seleccionadas. Además, se evalúen los efectos de los diferentes distanciamientos sobre los índices de crecimiento y desarrollo del cultivo de las variedades seleccionadas, y se analice su fertilización.

CAPÍTULO VI

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS VARIETADES Y CLONES DE PATATA. COMPORTAMIENTO AGRONOMICO, PRODUCTIVIDAD Y ADAPTACIÓN A LA ZONA SELECCIONADA

Los cultivos mejorados, productos de la selección, han sufrido disminución de su base genética, lo que incrementa considerablemente su susceptibilidad a plagas y enfermedades, generando importantes pérdidas en la producción, por ello que el Centro Internacional de la Papa, conocido como el banco mundial de germoplasma de patata más grande e importante del mundo, realiza constantes esfuerzos en desarrollar nuevas variedades con resistencia durable a enfermedades de importancia mundial causadas por virus y sobre todo por el hongo *Phytophthora infestans*; dentro de sus programas de mejoramiento, la selección de progenitores con amplia variabilidad genética, constituye un paso importante ya que nos permite obtener familias con capacidad de producir buenos rendimientos, uniformidad adecuada y que puedan ser adaptables a diversos ambientes.

Para la obtención de variedades de patata con mejores atributos a las existentes, se necesitan condiciones indispensables tales como una estrategia adecuada de mejoramiento y una amplia diversidad genética, lo que se logra con el cruzamiento y la posterior selección de los mejores genotipos, por ello es indispensable la utilización de especies silvestres y cultivadas que son fuente de resistencia a estrés bióticos y abióticos. **Se ha participado en el cruzamiento de especies silvestres de *S. tuberosum* subsp. *Andigenum*** (como fuente de resistencia al hongo *Phytophthora infestans* y a los virus PVY y PVX) con variedades ó líneas europeas de la *S. tuberosum* subsp. *Tuberosum*, (que aporta genes de resistencia a otro tipo de virus el PLRV), fruto de los cuales se han creado y liberado nuevos clones, los cuales requieren ser probados en invernadero y campo, para poder fijar las características fijadas en este programa de mejoramiento.

El objetivo de este capítulo es presentar los resultados de investigación seguidos en el estudio de variedades y clones avanzados de patata y así conocer su comportamiento agronómico, productividad y adaptación a esta zona seleccionada.

6.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

A. UBICACIÓN Y CULTIVOS ANTERIORES.

Los experimentos se desarrollaron en tres suelos que corresponden al municipio de Tobar, situado en la provincia de Burgos. (Comunidad Autónoma de Castilla y León, España), ver Figura 3.1. Su altitud media sobre el nivel del mar es de 910 m y sus coordenadas geográficas son 42°29'01" Latitud Norte y 3° 56' 18" Longitud Oeste (Figura 4.1).

Los cultivos anteriores, según consta en el registro de cultivos para cada uno de los suelos es el siguiente:

- Suelo TOBAR-TAB (**Suelo A**) : patatas - leguminosas - descanso.
- Suelo TOBAR-CARR (**Suelo B**): cebada - trigo - cebada - trigo.
- Suelo TOBAR-LA TIA (**Suelo C**): Tomate - leguminosas - patata - varios.

B. ANÁLISIS DE SUELOS

Se ha realizado en el capítulo cuatro una descripción y caracterización de los perfiles de los suelos donde se han desarrollado los experimentos (Tablas 4.1, 4.3 y 4.5). Los análisis físicos y químicos de estos suelos se pueden observar en las Tablas 4.2, 4.4 y 4.6. Las características observadas han permitido clasificar a estos suelos como:

TOBAR – TAB (Suelo A) :	Suelo Typic Calciustepts (Soil Survey Staff, 2014). Suelo Haplic Cambisols (Calcaric) (FAO, 2006).
TOBAR – CARR (Suelo B):	Suelo Typic Calciustepts (Soil Survey Staff, 2014). Suelo Haplic Cambisols (Calcaric) (FAO, 2006).
TOBAR - LA TIA(Suelo C):	Suelo Typic Usthorthents. (Soil Survey Staff, 2014). Suelo Haplic Regosols (Calcaric). (FAO, 2006).

6.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Según la clasificación Agroclimática de J. Papadakis, que resulta ser la más adecuada porque establece relaciones entre zonas climáticas de la misma latitud utilizando todos los parámetros y valores climáticos necesarios para permitir conocer las zonas que son más adecuadas para los cultivos, el tipo de invierno imperante en esta zona sería el de *Avena fresco*, el tipo de verano sería el de tipo *Maíz* con alguna influencia del tipo *Triticum menos cálido* (Tabla 3.2) lo que favorecería el cultivo de patata, por favorecer la tuberización. Considerando además el balance hídrico donde se relaciona la precipitación, la evapotranspiración potencial, el cálculo de la evapotranspiración potencial y otros parámetros, se puede observar que la zona donde se desarrollaron los experimentos se encuentra situada dentro de un régimen de humedad considerado como *Mediterráneo húmedo* (Figura 3.10). Atendiendo a todas estas características según Papadakis el tipo climático sería el *Mediterráneo templado fresco*.

6.3. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.

A. MATERIAL VEGETAL GENOTIPOS EN ESTUDIO

En el experimento se emplearon 21 variedades comerciales procedentes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y de Holanda. Se utilizaron también 4 clones avanzados de patata procedentes del Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima - Perú.

Tabla 6.1. Cruzamientos de las variedades empleadas y su procedencia.

	Variedades	Progenitores	Procedencia
1.	Agata	BM72-52 x Sirco	Holanda
2.	Agria	Quarta x Semlo	Holanda
3.	Amorosa	Arinda x Impala	Holanda
4.	Atlantic	Wauseon x USDA B5141-6	USDA
5.	Baraka	SVP 50-38 x Avenir	Holanda
6.	Desiree	Urgenta x Despeche	Holanda
7.	Draga	SVP 50-2017 x MPI19268 (d)	Holanda
8.	Fábula	Monalisa x Hudson	Holanda
9.	Innovator	Shepody x RZ 84-2580	Holanda
10.	Jaerla	Sirtema x MPI 19268	Holanda
11.	Kennebec	B127 x USDA 96-56	USDA
12.	Kondor	61333 x Wilja	Holanda
13.	Latona	Jaerla x Nicola	Holanda
14.	Marfona	Primura x Konst 51-123	Holanda
15.	Markies	Fianna x Agria	Holanda
16.	Monalisa	Bierma A 1-287 x Colmo	Holanda
17.	Red Pontiac	Triumph x Kathadin	USDA
18.	Romano	Draga x Desirée	Holanda
19.	Sinora	Agria x AM 70-2166	Holanda
20.	Spunta	Béa x USDA 96-56	Holanda
21.	Victoria	AM 66-42 x Ve 8044	Holanda

USDA: United Department of Agriculture

B. PROCEDENCIA DE LOS CLONES AVANZADOS DE PATATA

Los clones avanzados de patata (*Solanum tuberosum* L.) proceden del Centro Internacional de la Papa, como habíamos señalado anteriormente, el Banco mundial de germoplasma de patata más grande e importante del mundo, constituye al presente la fuente genética más valiosa de consulta y disponibilidad para la comunidad científica e internacional.

Gracias al Convenio firmado por la Asociación de investigación y Desarrollo Rural (AIDR), Corporación Departamental de Lima (CORDELIMA), La Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos en el Perú (USAID-Perú) y el Centro

Internacional de la Papa (CIP) y siendo necesario seleccionar combinaciones híbridas con buenos comportamientos y de esta forma incrementar la base genética de las variedades mejoradas, se realizaron tres tipos de cruzamiento donde se utilizaron como grupo de progenitores, genotipos de:

- a) *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* x *S. tuberosum* subsp. *tuberosum*
- b) *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum* x *S. tuberosum* subsp. *andigenum*
- c) *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* x *S. tuberosum* subsp. *andigenum*

Del primer grupo de cruzamiento fueron seleccionados diez variedades: Amorosa, Atlantic, Baraka, Desiree, Jaerla, Latona, Marfona, Markies, Monalisa y Romano, las cuales habían sido evaluadas en 4 localidades de Costa y 6 de la Sierra del Perú, el análisis de variancia mostró diferencias altamente significativas para las características evaluadas, rendimiento, número y peso de los tubérculos por calibre, evaluándose su respuesta a enfermedades fungosas y víricas (Tabla 6.2).

Del segundo grupo de cruzamientos (Tabla 6.3), se eligieron tres clones avanzados de las subespecies *andigenum* x *andigenum* y tres clones de *andigenum* x especies silvestres, que corresponden a las especies *Solanum stenotomum*, *Solanum phureja* y *Solanum demissum*, en estos clones se apreció buen comportamiento en campo, disminuyendo su periodo vegetativo, muy buena resistencia a *Phytophthora infestans* y a los virus **PVY** y **PVX**, rendimientos en promedio de 30 t ha⁻¹, pero características como la forma, el largo de los tubérculos, profundidad de sus ojos y la poca floración obtenida, así como problemas marcados en la fertilización de algunos de estos cruzamientos, hizo que este material fuera enviado al CIP para continuar con su mejora genética, ya que en condiciones donde fueron realizados los cruzamientos, hay respuesta abundante a la floración, característica muy importante en todo programa de mejoramiento, efecto que pudo haberse debido a la interacción genotipo-ambiente. La floración está determinada por factores genéticos y ambientales como la condición y vigor de los progenitores, variedad, luz, temperatura y humedad fundamentalmente (Mendoza, 2008).

Tabla 6.2. Características de los cruzamientos de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* por *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*

Cruces. Progenitores femenino x masculino Subespecies	Código Clon Avanzado	Origen	Hábito de crecimiento de la planta	Periodo vegetat.	Morfología Tubérculo			Rdto. (t ha ⁻¹)	Respuesta a enfermedades fungosas		Respuesta a Virus		
					Forma	Color piel	Color pulpa		<i>P. infestans</i>	<i>R. solani</i>	PVY	PVX	PLRV
Subespecies : <i>tuberosum</i> x <i>tuberosum</i>													
1. Agria x AG 84009	Miranda	H x H	Erguida peque	110 días	Oval	Amar.	Amar.	10 - 18	Muy Resist.	Med. S.	Muy S	Resist	Muy R.
2. Agria x AR76-343	Fontane	H x H	Erguida peque	120 días	Oval	Amar.	Amar. Cla	10 - 12	Med. sensible	Resist.	Muy R	Muy R	Med.R.
3. Agria x KW78-3447	Lady Claire	H x H	H x H	120 días	Oval r.	Amar.	Muy amar.	8 - 10	Med. Resist.	Sensible	Med R	Resist	Resist.
4. Aminca x Ve-709	Ajiba	H x H	Semierguida	150 días	Oval	Amar	Blanca	18 - 23	Muy Resist.	Med. S.	Resist	Resist	Muy R.
5. Arinda x Impala	Amorosa	H x H	Semierguida	120 días	Oval al.	Roja	Amar. Cla.	18 - 20	Med. Resist.	Sensible	Resist	Resist	Med. R
6. Bierma A1-287x Colm	Monalisa	H x H	Erguida peque	110 días	Oval	Amar.	Amar.	10 - 18	Med. Resist.	Med. R.	Resist.	Resist	Muy R.
7. Draga x Desiree	Romano	H x H	Erguida	160 días	Oval r.	Roja	Crema	28 - 30	Muy Resist.	Med. R.	Muy R.	Muy S	Muy S.
8. Fianna x Agria	Markies	H x H	Erguid peque	200 días	Oval al.	Amar.	Amar. Cla	8 - 10	Muy Resist.	Med. R	Muy R	Muy R	Muy R
9. Jaerla x MPI 19268	Jaerla	H x H	Semierguida	100 días	Oval r.	Amar.	Amar. Cla	30 - 40	Muy Resist.	Med. R.	Med. R	Muy R	Med. R
10. Jaerla x Nicola	Latona	H x H	Erguida	110 días	Oval r.	Amar.	Muy Amar	28 - 35	Resistente	Med. R.	Resist.	Muy R	Med. R
11. Jaerla x Provita	Carlita	H x H	Semierguida	110 días	Oval	Amar.	Amar. Cla	20 - 28	Muy Resist.	Med. R	Muy S	Resist.	Sensib
12. Jaerla x ZPC 56-37	Aphrodite	H x H	Semierguida	180 días	Oval	Amar.	Blanca	18 - 20	Muy Resist.	Med. R.	Resist.	Muy R	Sensible
13. Primura x Könst 511	Marfona	H x H	Semierguida	180 días	Oval r	Amar.	Amar. Cla	20 - 30	Muy Resist	Med. S.	Muy R	Muy R	Muy S.
14. Rianta x AR76-1681	Armada	H x H	Semierguida	110 días	Oval	Amar.	Amar. Cla.	12 - 18	Sensible	Sensible	Muy R	Muy R	Sensible
15. Spunta x VK 69-491	Santana	H x H	Semierguida	180 días	Oval	Amar.	Amar. Cla	20 - 30	Muy Resist.	Med. R.	Muy R	Resist.	Sensib
16. SVP 50-358 x Avenir	Baraka	H x H	Semierguida	120 días	Oval	Amar	Crema	28 - 37	Median. Resis	Resist.	Resist.	Muy R	Muy R.
17. Ugenta x Despeche	Desirée	H x H	Semierguida	150 días	Oval	Roja	Crema	35 - 40	Resistente	Resist.	Resist.	Resist	Muy S.
18. Wauseon x USDAB	Atlantic	USDA	Erguida	120 días	Oval.	Amar.	Amar. Cla	20 - 28	Med. R.	Med. R.	Muy S.	Muy R	Muy S.
19. ZPC 5035 x Desirée	Cleopatra	H x H	Erguida	120 días	Oval	Roja	Amar. Cla	20 - 30	Muy Sensible	Sensible	Muy R	Muy R	Muy R.

Abreviaturas: H: Holanda, USA: United States of America. Altura Semierguida y Erguida: 60-90 cm. Erguida peque: Altura 30-40 cm. Forma. Oval al: Oval alargada. Oval r.: Oval redondeada. En Color: Amar: Amarillo. Amar. Cla.: Amarillo claro. Enfermedades. Resist.: Resistente. Med. Resist.: Medianamente Resistente. Muy Resist: Muy Resistente. Muy S: Muy sensible. *P. infestans*: *Phytophthora infestans*. *R. Solani*: *Rizoctonia solani*. Virus: PVY: virus Y, PVX: virus X, PLRV: virus del enrollamiento de la hoja de la patata.

Tabla 6.3. Características de los cruzamientos de *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum* por *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum*

Cruces. Progenitores femenino x masculino Subespecies	Código Clon Avanzado	Origen	Hábito de crecimiento de la planta	Periodo vegetat.	Morfología Tubérculo			Rdto. (t ha ⁻¹)	Respuesta a enfermedades fungosas		Respuesta a Virus		
					Forma	Color piel	Color pulpa		<i>P. infestans</i>	<i>R. solani</i>	PVY	PVX	PLRV
Subespecies : <i>andigenum</i> x <i>andigenum</i>													
375296.20 x 375256.10	3780.85.30	CIP-Perú	Erguida	120 días	Oval.	Morado	Amar. Cla	20 - 30	Muy Resist.	Med. R	Med. R	Muy R	Med. R
377348.20 x 379746.20	383077.54	CIP-Perú	Decumbente	140 días	Oval.	Rosada	Crema	30 - 35	Resistente	Resistente	Sensib.	Resist.	Sensible
HFF-1833 X 676008	386549.90	CIP-Perú	Semierguida	150 días	Oval.	Rojo	Crema	30 - 40	Muy Resist.	Med. R.	Muy R	Resist.	Sensible
377170.60 x Ccompis	383351.15	CIP-Perú	Erguida	160 días	Redon	Rosa	Crema	25 - 30	Resistente	Med. R.	Resist.	Resist.	Sensible
HFF-1833 x 372123.21	376533.20	CIP-Perú	Decumbente	130 días	Redon	Rosa	Crema	30 - 40	Resistente	Med. R.	Resist.	Resist.	Sensible
375266.20 x 375282.30	379075.20	CIP-Perú	Erguida	160 días	Oval.	Crema jas	Crema	33 - 40	Resistente	Med. R.	Resist.	Resist	Resist
376366.30 x 375282.30	379076.70	CIP-Perú	Decumbente	150 días	Oval al	Rojo	Crema	18 - 24	Resistente	Med. R.	Resist	Sensib.	Sensible
375296.20 x 375256.10	379085.23	CIP-Perú	Semierguida	140 días	Oval.	Morado	Blanca	25 - 30	Muy Resist.	Med. R.	Resist	Resist	Resist
377070.16 x 379466.20	383371.58	CIP-Perú	Semierguida	120 días	Oval r.	Crema	Blanca	30 - 40	Muy Resist.	Med. R.	Sensib.	Resist	Sensib.
371381.90 x 377070.16	3816991.96	CIP-Perú	Semierguida	130 días	Oval r	Morado	Blanca	36 - 40	Resistente.	Sensible.	Med. R	Med. R	Med. R
378297.40 x 377744.20	38.1436.42	CIP-Perú	Semierguida	160 días	Oval al	Rosado	Crema	30 - 35	Med. Resist	Med. R.	Med. R	Med R	Sensible
Subespecies <i>andigenum</i> x especie silvestre													
CIP40 x <i>S. phureja</i>	38521.30	CIP-Perú	Decumbente	120 días	Redon	Morada.	Amar Cla	8 - 10	Muy Resist	Resist	Sensib.	Sensib	Med. R
CIP23 x <i>S. phureja</i>	38537.30	CIP-Perú	Erguida	150 días	Oval al	Amar.	Amar Cla	10 - 14	Med. R.	Med. R.	Resist.	Resist.	Med. R.
CIP 23 x <i>S. stenotomum</i>	38633.40	CIP-Perú	Decumbente	160 días	Redon	morada	Crema	8 - 14	Muy Resist	Med. R.	Resist.	Resist.	Resist
CIP40 x <i>S. stenotomum</i>	38724.40	CIP-Perú	Erguida	140 días	Redon	morada	Rosa	10 - 14	Muy Resist	Resist.	Resist.	Resist	Resist
CIP34 x <i>S. demissum</i>	38736.40	CIP-Perú	Semierguida	160 días	Oval al	Jaspeada	Crema	8 - 10	Med. R.	Med. R.	Resist	Sensib.	Med. R.
CIP 114 x <i>S. phureja</i>	38876.30	CIP-Perú	Decumbente	140 días	Oval al	Amar.	Amar Cla	10 - 13	Med. R.	Resist.	Resist.	Sensib	Med. R.

Abreviaturas: CIP: Centro Internacional de la Papa. Lima-Perú. Progenitores: *S. Phureja*: *Solanum phureja*. *S. stenotomum*: *Solanum stenotomum*. *S. Chacoense*: *Solanum Chacoense*.
 Altura Semierguida y Erguida: 50-60 cm. Decumbente: Altura 30 cm. Forma del tubérculo: Redon.: Redondo. Oval al: Oval alargada. Oval r.: Oval redondeado.
 En Color: Amar: Amarillo. Amar. Cla.: Amarillo claro. Enfermedades. Resist.: Resistente. Med. Resist ó Med. R.: Medianamente Resistente. Muy Resist: Muy Resistente. Muy S: Muy sensible. *P. infestans*: *Phytophthora infestans*. *R. Solani*: *Rizoctonia solani*. Virus: PVY: virus Y, PVX: virus X, PLRV: virus del enrollamiento de la hoja de la patata.

Tabla 6.4. Características de los cruzamientos de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* por *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum*

Cruces. Progenitores femenino x masculino Subespecies	Código Clon Avanzado	Origen	Hábito de crecimiento de la planta	Periodo vegetat.	Morfología Tubérculo			Rdto. (t ha ⁻¹)	Respuesta a enfermedades fungosas		Respuesta a Virus		
					Forma	Color piel	Color pulpa		<i>P. infestans</i>	<i>R. solani</i>	PVY	PVX	PLRV
Subespecies : <i>tuberosum</i> x <i>andigenum</i>													
1. Agria x 377348.20	383137.30	H x CIP	Erguida peque	130 días	Oval al.	Amar.	Amar. Cla	10 - 20	Med. Resist.	Sensible	Resist	Resist	Med. R
2. Aphrodite x 38521.3	CIP ICA	H-CIP	Erguida	90 días	Oval al.	Roja	Crema	19 - 30	Med. Resist.	Med. R.	Muy. R	Sensib	Med. R
3. Aphrodite x CIP ICA Clon A	383676.77 Clon A 7677	H-CIP CIP-Perú	Erguida peque	110 días	Oval al.	Rosa	Crema	20 - 33	Muy Resist.	Med. R.	Resist.	Muy R	Resist
4. Atlantic x CIP 23 Clon B	383343.34 Clon B 4334	USA-CIP CIP-Perú	Erguida	110 días	Oval	Amar.	Amar. Cla	20 - 30	Med. Resist	Resist.	Resist.	Resist	Med. R
5. Atzimba x 3769.6	383339.30	CIP-Perú	Erguida	120 días	Oval r.	Amar.	Blanca	14 - 18	Resistente	Med. R.	Med. R	Muy R	Med. R
6. Century Rosset x CIP 23	383356.34	Can-CIP	Semierguida	160 días	Redon	Amar.	Blanca	10 - 20	Resistente	Med. R.	Sensib	Sensib	Sensib
7. Chieftain x CIP ICA	383949.77	USA-CIP	Erguida	130 días	Oval	Roja	Crema	20 - 24	Med. Resist	Med. R.	Med. R	Sensib	Sensib
8. Desirée x 390224-12	399086.30	H x CIP	Semierguida	180 días	Oval	Roja	Blanca	18 - 24	Resistente	Med. R.	Resist.	Resist	Muy R
9. Fontenot x CIP ICA Clon C	383649.76 Clon C 4976	Can-CIP	Semierguida	110 días	Redon	Roja	Blanca	28 - 30	Med. Resist	Med. R.	Med. R	Med R	Muy R
10. Jaerla x 378015.18 Clon D	383693.97 Clon D 9397	H-CIP CIP-Perú	Erguida peque	100 días	Oval al.	Amar.	Amar. Cla	18 - 28	Muy Resist	Resist.	Resist.	Resist	Med. R
11. Mountain Rose x Purple	375667.67	USA	Semierguida	140 días	Oval al.	Roja	Rosa	18 - 20	Med. Resist	Sensib	Sensib	Sensib	Muy R
12. Obelix x 38521.3 x Obelix 38521.3	383689.74	H-CIP CIP-Perú	Semierguida	160 días	Oval	Amar.	Amar. Cla	27 - 30	Resistente	Med. R.	Sensib	Sensib	Muy R
13. Romera x 375667.67	383963.77	Alem-CIP	Erguida peque	120 días	Oval al.	Amar.	Amar. Cla	18 - 20	Med. Resist	Sensib	Muy. R	Sensib	Sensib

Abreviaturas: H: Holanda, USA: United States of America. CIP: Centro Internacional de la Papa. Lima-Perú. Alem: Alemania. Can.: Canadá.

Altura Semierguida y Erguida: 60-90 cm. Erguida peque: Altura 30-40 cm. Forma del tubérculo: Redon.: Redondo. Oval al: Oval alargada. Oval r.: Oval redondeado.

En Color: Amar: Amarillo. Amar. Cla.: Amarillo claro. Enfermedades. Resist.: Resistente. Med. Resist ó Med. R.: Medianamente Resistente. Muy Resist: Muy Resistente. Muy S: Muy sensible.

P. infestans: *Phytophthora infestans*. *R. Solani*: *Rizoctonia solani*. Virus: PVY: virus Y, PVX: virus X, PLRV: virus del enrollamiento de la hoja de la patata.

La forma del tubérculo es un elemento importante en un programa de mejoramiento, pues la selección de variedades es realizada en base a los diferentes mercados (europeo, americano, etc.) los mismos que tienen preferencias por determinadas formas, ya sea para consumo fresco o uso industrial, el auge de la industria del procesamiento de la patata a nivel internacional está demandando variedades con formas redondas para chips y alargadas para bastones (Salomon et al., 2014).

Del tercer grupo de cruzamientos que se detallan en la Tabla 6.4, el año anterior a la realización de este trabajo de investigación, se probaron los clones tanto en Perú como en España; los clones mostraron una gran diferencia en cuanto a rendimientos, calibres, formas de tubérculos y en profundidad de ojos desde superficiales (46%) semiprofundos (38%) a profundos (16%), en altura dos clones, el A y el D se diferenciaron comparativamente, siendo su longitud mucho mayor en España (81 cm) que en Perú (36- 40 cm), los ambientes tuvieron un efecto sobre todos los genotipos evaluados, respondiendo de manera distinta en cada uno de ellos; se incrementó el ciclo vegetativo de los genotipos en España, mayor duración de días a la senescencia en verano, asociada a temperaturas cálidas durante la fase de desarrollo del cultivo.

De este grupo de cruzamientos de *Solanum tuberosum*, de las subespecies: *tuberosum x andigenum* (Tabla 6.4), se seleccionaron cuatro clones, por su estabilidad en las diferentes localidades y en ambos ambientes donde fueron probados, tanto en rendimiento como en calibre y forma de tubérculo. Los clones seleccionados se presentan en la siguiente tabla (Tabla 6.5), donde los CIP ICA proceden de cruzamiento de *andigenum* x polinización libre (PL)

Tabla 6.5. Cruzamientos de los clones avanzados y su procedencia

Clones Avanzados	Progenitores	Procedencia
Clon A: A7677	Aphrodite x CIP ICA	CIP-Perú
Clon B: B4334	Atlantic x CIP 23	USDA-CIP
Clon C: C4976	Fontenot x CIP ICA	CAN-CIP
Clon D: D9397	Jaerla x CIP 378015.18	H-CIP

USDA: United Department of Agriculture. H: Holanda. CIP: Centro Internacional de la Papa
CAN: Canadá

Los resultados obtenidos en estos 49 genotipos indican la gran influencia que ejerce el medio y que conlleva el comportamiento diferencial de los genotipos, debemos seguir ensayando con estos clones y variedades con la finalidad de obtener una selección de progenitores con buenas características, así como variedades comerciales con mejor resistencia a las diferentes enfermedades.

6.4. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

- Diseño Experimental: Bloque completo al azar.
 Bloques o repeticiones: Cuatro
 Número de genotipos: 21 variedades y 4 clones: total 25 genotipos.
 Distanciamiento:
- Entre surcos : 0.80 m
 - Entre plantas : 0.30 m
 - Entre bloques : 1.00 m
 - Ancho Parcela : 3.20 m
 - Largo Parcela : 6.00 m

6.5. CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DE LOS SUELOS

Tabla 6.6. Principales características analíticas de los suelos estudiados

SUELOS	TOBAR-TAB	TOBAR-CARR	TOBAR-LA TIA
Textura (USDA)	Franco	Franco	Franco arcilloso
Arena (g kg ⁻¹)	380	360	220
Limo (g kg ⁻¹)	420	410	480
Arcilla (g kg ⁻¹)	200	230	300
Carbonatos (g kg ⁻¹)	101	93	566
pH (H ₂ O)	7.4	7.0	7.4
C.E.(dS m ⁻¹)	0.3	0.3	0.5
N (g kg ⁻¹)	0.9	0.8	0.9
Materia Orgánica (g kg ⁻¹)	18.0	14.1	17.3
Carbono orgánico total (g kg ⁻¹)	10.4	8.3	10.0
Macronutrientes asimilables (mg kg ⁻¹)			
P	54	56	46
K	888	898	1484
Ca	1830	1103	1697
Mg	130	110	124
Na	14	11	17
Metales Pesados (mg kg ⁻¹)			
Fe	4860	2970	3897
Mn	48	41	43
Zn	10	8	13
Cu	3	3	3
Pb	3	3	3
Cd	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Cr	4	3,3	4
Ni	3	2,4	4

I	1	3	5	7	9	11	6	17	24	13	18	25	9	15	21	2	22	23	12	19	8	14	20	16	4
II	19	15	11	13	5	25	16	14	22	18	24	8	20	23	17	21	1	6	2	12	10	3	9	4	7
III	21	16	4	17	25	11	24	10	12	15	9	22	1	23	7	13	5	8	19	14	2	20	3	18	6
IV	18	3	16	7	9	19	12	4	13	5	20	14	22	10	25	6	1	17	21	24	15	23	8	2	11

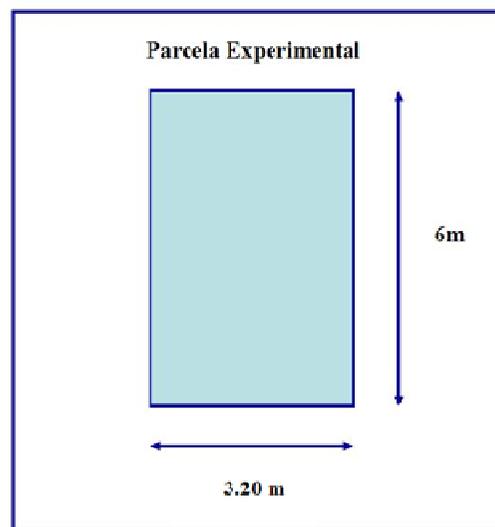


Figura 6.1. Esquema de la distribución de los Tratamientos en el experimento de campo. Distribución de los bloques

6.6. SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA SEMILLA

Seleccionadas las variedades con las que iniciaríamos el trabajo de campo, se procedió a la selección de los tubérculo-semilla, del tamaño y peso lo más homogéneo posible. Todas las semillas eran de muy buena calidad, certificadas. Su calibre de 36/50 mm y se utilizó entera (Figura 6.2). Se utilizaron 320 tubérculos por variedad y se procedió a pesarse obteniéndose así el peso promedio de la semilla por variedad (Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Peso promedio (g) de los tubérculos semilla utilizados

Genotipos	Peso	Genotipos	Peso
Agata	54	Marfona	58
Agria	50	Markies	51
Amorosa	48	Monalisa	53
Atlantic	49	Red Pontiac	56
Baraka	50	Romano	46
Desiree	50	Sinora	48
Draga	48	Spunta	48
Fábula	41	Victoria	49
Innovator	49	Clon A 7677	51
Jaerla	54	Clon B 4334	49
Kennebec	56	Clon C 4976	51
Kondor	48	Clon D 9397	48
Latona	46		
Peso promedio general	50.64 g		

6.7. SIEMBRA Y FERTILIZACION

Es necesario que la siembra sea correcta para que asegure la emergencia rápida y la uniformidad del cultivo, el estado fisiológico más adecuado será el de brotamiento múltiple, pues generará la emergencia de varios tallos fuertes. Sabemos que la edad fisiológica es afectada por las condiciones de almacenamiento de la semilla-tubérculo, por ello el almacenamiento bajo luz difusa será una buena manera de obtener tubérculos-semillas con numerosos brotes, verdes y vigorosos, que puedan emerger rápida y uniformemente. La planta que emerge vivirá de los nutrientes suministrados por el tubérculo, que deberán ser suficientemente grandes para atender la demanda

inicial por la planta en brotamiento. El tubérculo-semilla de tamaño mediano será suficiente alrededor de 50 g.

La plantación fue realizada a mano el día 16 de Abril, porque las condiciones fueron consideradas las más adecuadas, con el distanciamiento de 0.30m entre tubérculos-semilla y 0.80 m entre surcos. La cantidad del material vegetal empleado para esta densidad, con tubérculos enteros con calibre entre 36 a 50 mm y un peso promedio aproximado de 50.64 g, fueron de 20 tubérculos-semilla por surco y 80 por parcela, con la que se obtendrían 41666 plantas por hectárea aproximadamente.

En cuanto a la fertilización resulta arriesgado formular recomendaciones de carácter general sobre el abonado, ya que las características del terreno, la disponibilidad de agua, las diferentes variedades o el manejo del cultivo en general pueden hacer que, con dosis iguales de abono, los resultados sean muy diferentes. Con el análisis de suelo tenemos una idea de la fertilidad de nuestros suelos, siendo estos de fertilidad media, deficitarios en nitrógeno y bajos en materia orgánica, aunque altos en fósforo y potasio.

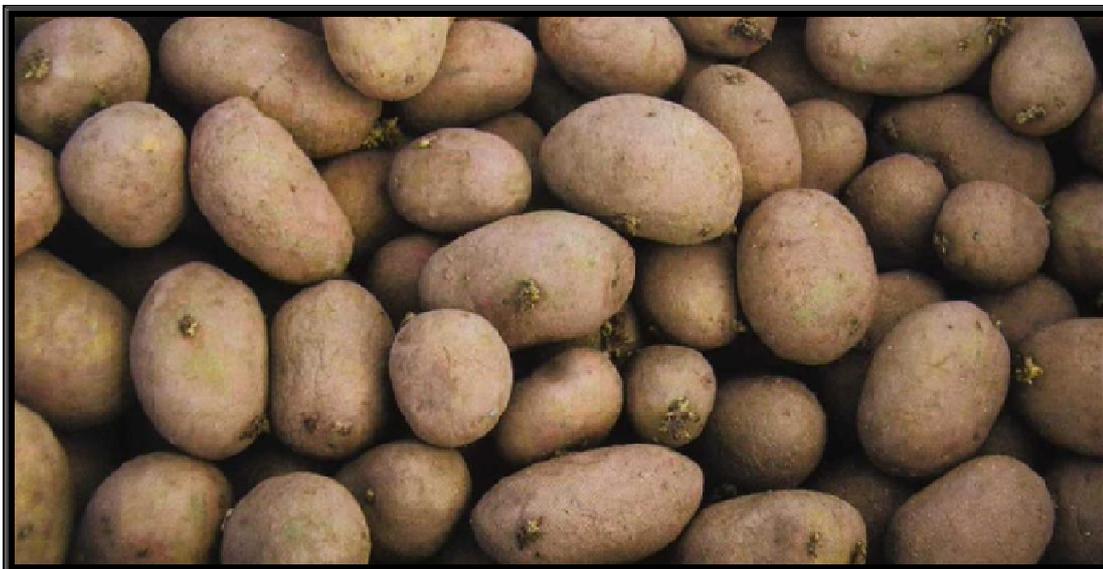


Figura 6.2. Tubérculo-semilla prebrotada de 36 a 50 mm.

En todo caso, las cantidades a aportar a los suelo, será el resultado de sumar la cantidad necesaria para corregir los niveles que sean deficitarios de alguno o varios de los nutrientes principales y las extracciones correspondientes a las producciones esperadas. La fórmula de abonamiento fue de 300-180-180, de N, P₂O₅ y K₂O. El 50% de nitrógeno, todo el fósforo y el potasio se aplicó a la siembra, el resto del nitrógeno se aplicó al momento del aporque. No se utilizaron fuentes orgánicas ni abonamientos suplementarios.

6.8. COSECHA Y CLASIFICACIÓN

El criterio agronómico que se ha utilizado en la cosecha, para la clasificación de las variedades ha sido la duración de su ciclo de cultivo: el número de días que transcurren desde la siembra hasta que se alcanza el estado idóneo para la recolección. Atendiendo a este criterio, se agrupan en las siguientes categorías: Precoces, semitempranas, semitardías y tardías

La cosecha se realizó en forma manual, la recolección es una de las operaciones más delicadas en el cultivo de la patata. Para cosechar se esperó la madurez fisiológica de las plantas, Esta se efectúa cuando los tubérculos están suficientemente maduros, están totalmente suberificados y tienden a desprenderse de los estolones. En este momento las matas se secan, se tornan de un color amarillento, parduzco y se vuelven quebradizas. Como las variedades maduraron a diferentes días de la siembra, primero se cosecharon las variedades que se comportaron como precoces, luego las que se comportaron como semitempranas, semitardías y por último las tardías.

Para evitar el efecto de borde, se cosecharon solamente los dos surcos centrales de cada parcela y se pesaron los tubérculos, luego se obtuvo el rendimiento por parcela, de las cuatro repeticiones de cada variedad. Se procedió a la clasificación de los tubérculos, por variedad en cada repetición, según el calibre. Con los pesos obtenidos se elaboró la tabla de rendimientos y porcentaje por categorías. Se realizó el análisis estadístico de los rendimientos para establecer las diferencias entre las variedades

6.9. EVALUACIONES DEL CRECIMIENTO Y TUBERIZACIÓN

Durante el experimento se evaluaron los siguientes parámetros:

En Plantas

- Número de plantas emergidas
- Número de tallos principales por planta
- Peso fresco de la parte aérea.

En Tubérculos

- Peso fresco de tubérculos por planta, por muestreos.
- Número de tubérculos por planta
- Clasificación según peso en cosecha

6.10. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS

A. *Determinación del porcentaje de plantas emergidas*

Se realizó el conteo de las plantas que emergieron en cada parcela a los 36 días desde que se efectuó la plantación. Se determinó el porcentaje con respecto al total de tubérculos semilla plantada de cada variedad.

B. *Peso fresco de la parte aérea*

Se muestrearon a partir de los 60 días y con un intervalo de 15 días, dos plantas elegidas al azar de cada parcela, correspondiendo a 4 repeticiones por variedad en cada muestreo. Como el periodo vegetativo fue diferente ya que teníamos variedades de diferente ciclo vegetativo, se realizaron muestreos a los 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 días. Debido a la dificultad para poder evaluar el peso seco del follaje, sólo se realizó el del follaje fresco. Con los promedios del peso fresco del follaje se elaboraron las tablas y curvas de crecimiento de follaje de cada variedad. Se clasificó las variedades de similar periodo vegetativo, se obtuvo entonces el promedio correspondiente para cada muestreo, para poder determinar así la curva de crecimiento del follaje que caracteriza el grupo (Precoz, semitemprano, semitardío y tardío).

Con los promedios de peso de cada muestreo, se determinó el porcentaje con respecto al máximo alcanzado por cada variedad. Se obtuvo el incremento neto, que es la diferencia del peso promedio de un muestreo con respecto al peso promedio del muestreo anterior.

C. *Peso fresco de tubérculo por planta*

Se pesaron los tubérculos frescos de cada planta, utilizando para ello las mismas plantas en las que se obtuvo el follaje, se realizó el promedio de cada repetición, de cada parcela y de cada variedad. Con todos estos datos se elaboró la curva del ritmo de tuberización que caracteriza a cada grupo de variedades. Se determinó el porcentaje de cada peso promedio con respecto al peso máximo de tubérculos por planta, después se determinó los incrementos de peso, el incremento neto para cada intervalo de tiempo, por cada variedad y por cada grupo de variedades.

D. *Número de tubérculos por planta*

Se contaron los tubérculos por cada planta muestreada, después de ser pesados, obteniéndose el promedio respectivo para cada variedad y para cada grupo de variedades, con estos datos se realizaron los gráficos de rendimiento total de tubérculos y por calibres de tubérculos.

6.11. ANALISIS ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron con el programa estadístico informático SAS 9, a una probabilidad estadística de 0.001. Para el análisis estadístico de los experimentos se utilizó el análisis de varianza y las pruebas escogidas para realizar la comparación entre medias de los tratamientos de las variables evaluadas, fueron las pruebas de Duncan y Tukey.

6.12. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTAS

Porcentaje de plantas emergidas

En la tabla 6.8 se presentan los porcentajes de emergencia de los tubérculo-semilla en los 3 campos experimentales, suelo Tobar-TAB (suelo A), Suelo Tobar-CARR (suelo B), Suelo Tobar-LA TÍA (suelo C), 30 días después de la plantación, en promedio se obtuvo para las plantas precoces un 96% de emergencia, igual que sucedió con las variedades semitempranas en los tres campos de estudio. Para las variedades semitardías fue mayor el porcentaje de germinación de 98%, las variedades tardías fueron las que emergieron dificultosamente alcanzando sólo el 94%.

En el suelo A y en el suelo C, seis variedades llegaron a obtener el mayor porcentaje de germinación que el promedio general, en el suelo B, sólo 8 variedades alcanzaron los mayores porcentajes de germinación, coincidiendo en los tres suelos, las variedades Agria, Jaerla, Monalisa con un porcentaje de germinación de 99.17%, la variedad marfona logra un porcentaje de germinación del 99.58%, y de los clones sólo uno, el clon A logra el mayor porcentaje del 98.33%, en los tres suelos en estudio.

Se observó en el campo, que la emergencia del tubérculo-semilla se inició en diferentes tiempos, emergiendo primero las del suelo C, luego las del suelo B y por último las del suelo A, con un día o dos de diferencia, pero que cada variedad en el mismo campo inició su brotamiento al mismo tiempo. Encontrándose uniformidad en el tiempo de emergencia de plantas. La diferencia en la emergencia entre variedades precoces, semitempranas, semitardías y tardías, puede haberse debido a que los tubérculo-semillas, tenían una madurez fisiológica diferente, aunque todas las semillas se encontraban en la fase de brotamiento múltiple cuando fueron plantadas, muchos esfuerzos han sido realizados para identificar y desarrollar marcadores de edad fisiológica de los tubérculos, basados especialmente en datos biofísicos, fisiológicos o bioquímicos. El concepto de Índice de Madurez Fisiológica (IMF), propuesto por Caldiz et al., (2001) y mejorado por Delaplace et.al., (2008) parece ser el que más se adapta para explicar las diferencias en la edad de los tubérculos, a partir de las cuales pueden ser influenciados por las condiciones de crecimiento, material genético (De Stefano et al., 2006), tiempo de senescencia del follaje que dio origen a la semilla-tubérculo, el origen de la semilla y sistema de almacenamiento; de cualquier forma

este índice debe ser mejor investigado, especialmente para variedades y condiciones de clima.

Tabla 6.8. Porcentaje (%) de emergencia de plantas 30 días después de la plantación

Variedades	Suelo A	Suelo B	Suelo C
Agata	97.50	95.00	92.50
Agria	98.75	100.00	98.75
Amorosa	95.00	96.25	97.50
Atlantic	93.50	96.25	91.25
Baraka	97.50	98.00	96.00
Clon A7677	98.75	98.75	97.50
Clon B4334	92.50	94.25	95.00
Clon C4976	91.25	92.50	93.75
Clon D9397	88.75	91.25	88.75
Desiree	97.50	98.75	96.25
Draga	95.00	92.50	95.00
Fábula	96.25	97.50	92.50
Innovator	97.50	98.75	97.50
Jaerla	100.00	98.75	98.75
Kennebec	97.50	97.50	98.75
Kondor	96.25	98.75	95.00
Latona	95.00	96.25	97.50
Marfona	100.00	98.75	100.00
Markies	92.50	93.75	92.50
Monalisa	98.75	100.00	98.75
Red Pontiac	98.75	100.00	97.50
Romano	97.50	98.75	98.75
Sinora	95.00	96.25	96.25
Spunta	96.25	95.00	93.75
Victoria	95.00	97.50	92.50
Porcentaje de Emergencia de las Variedades Precoces (%)			95.94
Porcentaje de Emergencia de las Variedades Semitempranass (%)			95.87
Porcentaje de Emergencia de las Variedades Semitardíass (%)			97.80
Porcentaje de Emergencia de las Variedades Tardíass (%)			93.78

La latencia se considera que es un carácter varietal, sin embargo, está influenciada por las condiciones ambientales y de manejo, así como la germinación de la semilla-tubérculo, estas no se encuentran relacionadas con la precocidad de las variedades, es posible tener variedades tardías con latencia relativamente corta y variedades tempranas con largos periodos de latencia y emergencia. El Período de latencia y la emergencia de las plántulas dependen también de la madurez del tubérculo, del momento en que haya sido cosechado, el manejo post cosecha, de las condiciones de almacenamiento a las que hayan sido sometidos (Eremeev et al., 2008), si el tubérculo esta o no lesionado, además de las condiciones de suelo y de clima durante el crecimiento. Las altas temperaturas, baja humedad y fertilidad del suelo durante el crecimiento del tubérculo puede acelerar el desarrollo fisiológico y reducir el período de reposo, incrementando la emergencia (Kloosterman et al, 2005; Delaplace et al., 2008).

Es muy importante que las condiciones fisiológicas de los tubérculos-semillas de patata sean similares, tengan buen peso, que estén libres de plagas y enfermedades, ya que de estas condiciones dependerá la emergencia y el crecimiento de las plantas. En caso contrario nos enfrentamos con problemas debido a la desuniformidad en la emergencia, los tubérculos-semilla que no emerjan con rapidez se verán expuestos al ataque de plagas y enfermedades (gusanos de tierra y enfermedades fungosas), creando problemas en la sanidad del campo y en el manejo agronómico (riego, aporque, deshierbo, etc), lo que determinará diferencias en el tiempo de madurez para la cosecha, disminuyendo el rendimiento y producción de la plantación. Tanto las condiciones de crecimiento como las prácticas de almacenamiento que influyen en las condiciones fisiológicas de los tubérculos-semillas de patata.

Los tubérculos plantados en estado fisiológico y condiciones de crecimiento óptimo, desarrollarán sus brotes rápidamente, hasta que formen suficiente follaje para que se pueda dar inicio a la fotosíntesis, la planta vivirá hasta entonces de los nutrientes suministrados por el tubérculo-semilla. Cuando las plantas ya estén aptas para la fotosíntesis, las raíces suministrarán el agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo.

B. RITMO DE CRECIMIENTO DEL FOLLAJE Y DE LOS TUBÉRCULOS

Con el fin de analizar los resultados, el criterio agronómico seguido ha sido clasificar las variedades siguiendo el criterio de la duración de su ciclo de cultivo, que es el número de días que transcurren desde la siembra hasta que se alcanza el estado idóneo para la recolección. Atendiendo a este criterio, se agrupan en las siguientes categorías: Precoces, semitempranas, semitardías y tardías, las variedades muy tardías las hemos reunido en esta última.

Todas las variedades y clones que se incluyeron en el ensayo, en los tres campos de cultivo se comportaron de la misma forma, entonces fueron clasificadas por el tiempo transcurrido desde la plantación hasta el inicio de la cosecha, de esta forma clasificamos a las variedades Agata, Jaerla, Latona y Atlantic como variedades precoces. A las variedades Romano, Amorosa, Monalisa, Spunta, Draga, Fábula, Sinora, Innovator y los clones A, B y D como semitempranas. Como variedades semitardías a las variedades Kennebec, Agria, Desirée, Marfona, Victoria, Kondor y Red Pontiac y a las variedades Baraka, Markies y al clon C, que cumplieron su ciclo en 166 a 180 días, las agrupamos en la categoría de tardías y muy tardías. Hemos plantado este cultivo en otros suelos dentro de esta comarca agraria y hemos observado estas mismas características, ahora teniendo como base este experimento con la toma de datos respectivos, podemos señalar que bajo estas condiciones de clima y suelo estas variedades fueron clasificadas de esta forma.

Atendiendo a este criterio, se agruparon en las siguientes categorías:

- **Precoces:** Variedades con ciclo inferior a ciento veinte días.
- **Semitempranas:** Con ciclos entre ciento veinte y ciento cincuenta días

-
- **Semitardías:** Variedades con ciclo de ciento cincuenta días
 - **Tardías y muy tardías:** Variedades con ciclo entre ciento cincuenta y doscientos días

Desde el inicio de la emergencia de las plantas, hasta el inicio de la tuberización, es una fase de fuerte desarrollo vegetativo, las plantas crecen a expensas de las reservas acumuladas en la simiente, la gran cantidad de reservas que contiene el tubérculo-semilla, permitirá que, en condiciones óptimas, la expansión del área foliar sea muy rápida. Durante esta fase se producirá el crecimiento de hojas, tallos, raíces y también de estolones. Al ir incrementando esta área foliar fotosintéticamente activa, ésta pasará a ser la fuente principal de nutrientes. Se pudo apreciar que entre los 46 y 56 días tuvimos una cobertura total del suelo en los tres campos de cultivo.

Como habíamos señalado anteriormente, las fechas en que se realizaron los muestreos fueron cada 15 días a partir de los 60 días de realizada la plantación y así sucesivamente hasta la cosecha. En la tabla 6.9 se puede apreciar la evolución cuantitativa del peso fresco del follaje de las variedades clasificadas como precoces, se observa un intenso crecimiento entre los 60 y 75 días y que el mayor porcentaje (100%) con respecto al peso máximo fue alcanzado a los 90 días para las variedades Agata, Latona y Atlantic, pero la variedad Jaerla la obtuvo a los 105 días.

Cuando los tallos principales de la planta alcanzan su máximo desarrollo, la yema apical se diferencia en floral, disminuyendo la dominancia apical y las yemas subterráneas del tallo que están más cerca del tubérculo madre brotan originando los estolones. Estos tallos subterráneos crecen en longitud hasta que reciben estímulos para iniciar la tuberización: cesa el crecimiento en longitud y se ensancha el extremo del estolón.

El inicio de la tuberización para estas variedades se inició aproximadamente a los 40 días de la plantación, ya que a los 60 días, cuando se tomó la primera muestra, ya encontramos algunos tubérculos incipientes, cuyos pesos en promedio para las variedades Agata, Latona y Atlantic fueron de 31 g en cambio para la variedad Jaerla fue de 34 g. Se dice que el inicio de la tuberización viene a estar influenciado fundamentalmente por factores ambientales, como la temperatura y la duración del día, que pueden verse modificados por las prácticas agronómicas, una mayor densidad de plantación, el abastecimiento oportuno de agua y el suministro adecuado de nutrientes, favorecerán o no un desarrollo acelerado, aportes excesivos de nitrógeno pueden prolongar el desarrollo vegetativo, retrasando la formación de tubérculos. (García, 2013).

Se puede advertir que el mayor incremento del peso fresco del follaje (PFF) coincide con el máximo incremento en promedio del peso fresco del tubérculo (PFT), para las variedades Agata, Latona y Atlantic en los tres campos de cultivo y que esta fue alcanzado a los 90 días en cambio para la variedad Jaerla, esta coincidencia en incremento entre el PFF y PFT fue obtenida a los 105 días, como puede observarse en la Figura 6.3. El rendimiento promedio de los tubérculos en las variedades Agata, Latona y Atlantic fue de 687, 936 y 857 g por planta respectivamente, a diferencia de la variedad Jaerla que rindió 1157 g por planta.

En las variedades semitempranas (Figuras 6.4 y 6.5) se observa también que existe un intenso crecimiento del follaje entre los 75 y 90 días, llegando a un máximo de incremento (100%) en el promedio del peso fresco del follaje a los 105 días, en las variedades Romano, Amorosa, Innovador, Fábula y Monalisa entre 1460 y 1966 g por

planta. En la figura 6.6, en los clones A, B y D se puede apreciar que el PFF alcanza su máxima producción entre los 105 y 120 días, obteniendo 1567, 1521 y 1789 g por planta respectivamente. En las figura 6.4, 6.5 y 6.6 podemos advertir que en el intervalo de 90 a 105 después de la plantación existe un acelerado crecimiento del peso fresco del tubérculo (PFT) y que es constante hasta los 105 días donde se traduce en un máximo crecimiento de los tubérculos. El mayor PFT se obtiene a los 105 días.

El mayor PFT lo obtienen las variedades semitempranas a los 105 días después de la plantación, podemos decir que en este momento cubren más del 80% de su peso con respecto al peso total final. Hay una diferencia en la variedad Innovator que obtiene su máximo incremento en PFT a los 90 días; después de ello siguen incrementando su crecimiento hasta llegar al 100% del peso total de sus tubérculos a los 135 días.

Las variedades semitardías (Figura 6.7 y 6.8) tienen un ritmo de crecimiento menos acelerado que las variedades precoces, el incremento en crecimiento del follaje lo realizan entre los 75 y 105 días después de la siembra, llegando a alcanzar el máximo crecimiento del follaje a los 120 días. El mayor incremento en PFT para estas variedades lo obtienen a los 120 días donde ya poseen el 89% de su peso fresco total, en los siguientes días este crecimiento de los tubérculos será más lento hasta llegar al 100% de su PFT a los 150 días.

Las Variedades muy tardías llegan a tener un crecimiento lento y constante llegando a acumular el mayor PFF a los 135 días, a diferencia de las variedades tardías que lo obtienen a los 120 días, un ejemplo claro lo tenemos en la variedad Baraka (Figura 6.9), coincidiendo este momento con la floración, donde el follaje alcanza su máximo desarrollo y comienza a declinar, ya no existe ningún desarrollo de brotes ni de hojas nuevas. Esta es la fase que corresponde con el máximo crecimiento del tubérculo, ya que todos los nutrientes disponibles se destinan al crecimiento de los mismos, que se prolonga hasta que el follaje se va marchitando y muere. Se puede advertir que en este momento se alcanza el peso máximo de los tubérculos, las variedades tardías llegan a albergar el 96% del total de su PFT hasta llegar a los 165 días que como en el caso de la Variedad Baraka llegó a obtener un rendimiento al final de su periodo de desarrollo de tubérculos con 29.4 toneladas por hectárea.

La variedad Markies, logra acumular un follaje en promedio de 2120 g por planta en comparación con el clon C4976 que alcanza sólo 1454 gramos por planta, periodo en que reúne el máximo incremento del PFT, en promedio los tubérculos ya poseen el 88% de su peso fresco total, el área foliar en su conjunto va gradualmente disminuyendo su eficiencia fotosintética hasta que ésta no es suficiente para mantener el crecimiento de los tubérculos. La planta en este momento se torna amarillenta y muere, punto en que los tubérculos alcanzan su máximo contenido de materia seca y la piel se encuentra bien formada. En el caso de las variedades muy tardías llegan al 100% de su PFT a los 180 días.

Tabla 6.9.- Promedio del Peso Fresco del Follaje (PPF) en gramos (g), Incremento Neto en gramos (g) y porcentaje con respecto a su peso máximo (%) a diferentes días después de la plantación (ddp) en las variedades precoces

Variedades		Edad del muestreo. Días después de la plantación (ddp)					Peso máximo (g)
		60	75	90	105	120	
Agata	Peso Fresco Follaje ... PFF (g) :	344	403	1146	887	564	1146
	Incremento Neto (g) IN (g) :	0	59	743	- 259	- 324	
	Porcentaje con respecto Peso Max (%):	30	35.17	100	77.43	49.20	
Jaerla	Peso Fresco Follaje ... PFF (g) :	544	1403	1570	1588	756	1588
	Incremento Neto (g) IN (g) :	0	859	167	18	- 831	
	Porcentaje con respecto Peso Max (%):	34.26	88.38	98.88	100	47.64	
Latona	Peso Fresco Follaje ... PFF (g) :	583	1120	1125	890	414	1125
	Incremento Neto (g) IN (g) :	0	538	4	- 234	- 476	
	Porcentaje con respecto Peso Max (%):	51.81	99.62	100	79.75	36.82	
Atlantic	Peso Fresco Follaje ... PFF (g) :	114	690	1090	894	114	1090
	Incremento Neto (g) IN (g) :	0	576	400	-196	-780	
	Porcentaje con respecto Peso Max (%):	10.49	63.3	100	82.01	10.49	

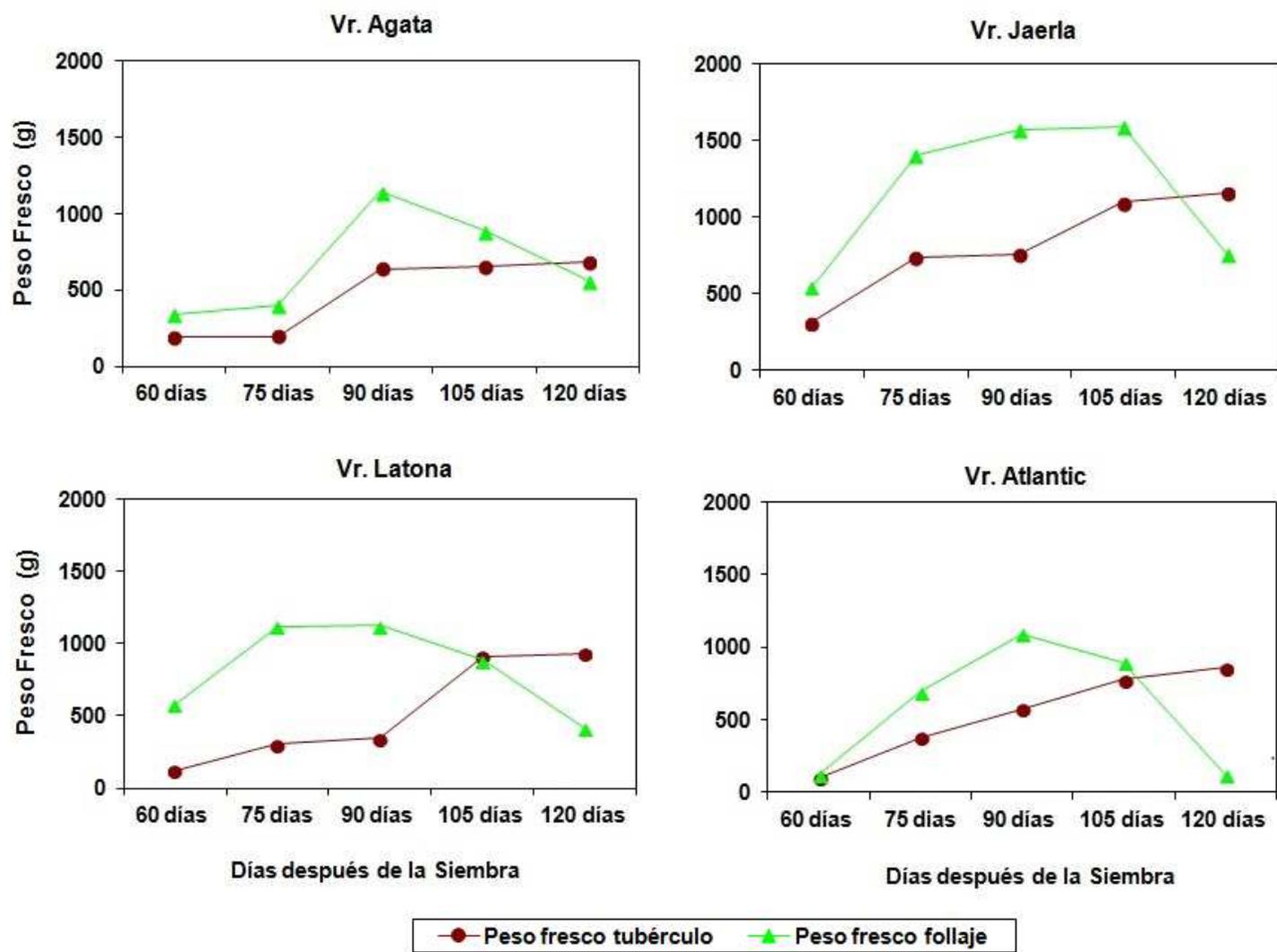


Figura 6.3. Curvas de acumulación del peso fresco del follaje (PFF) y del peso fresco de tubérculos (PFT) para las variedades precoces, (en gramos por planta).

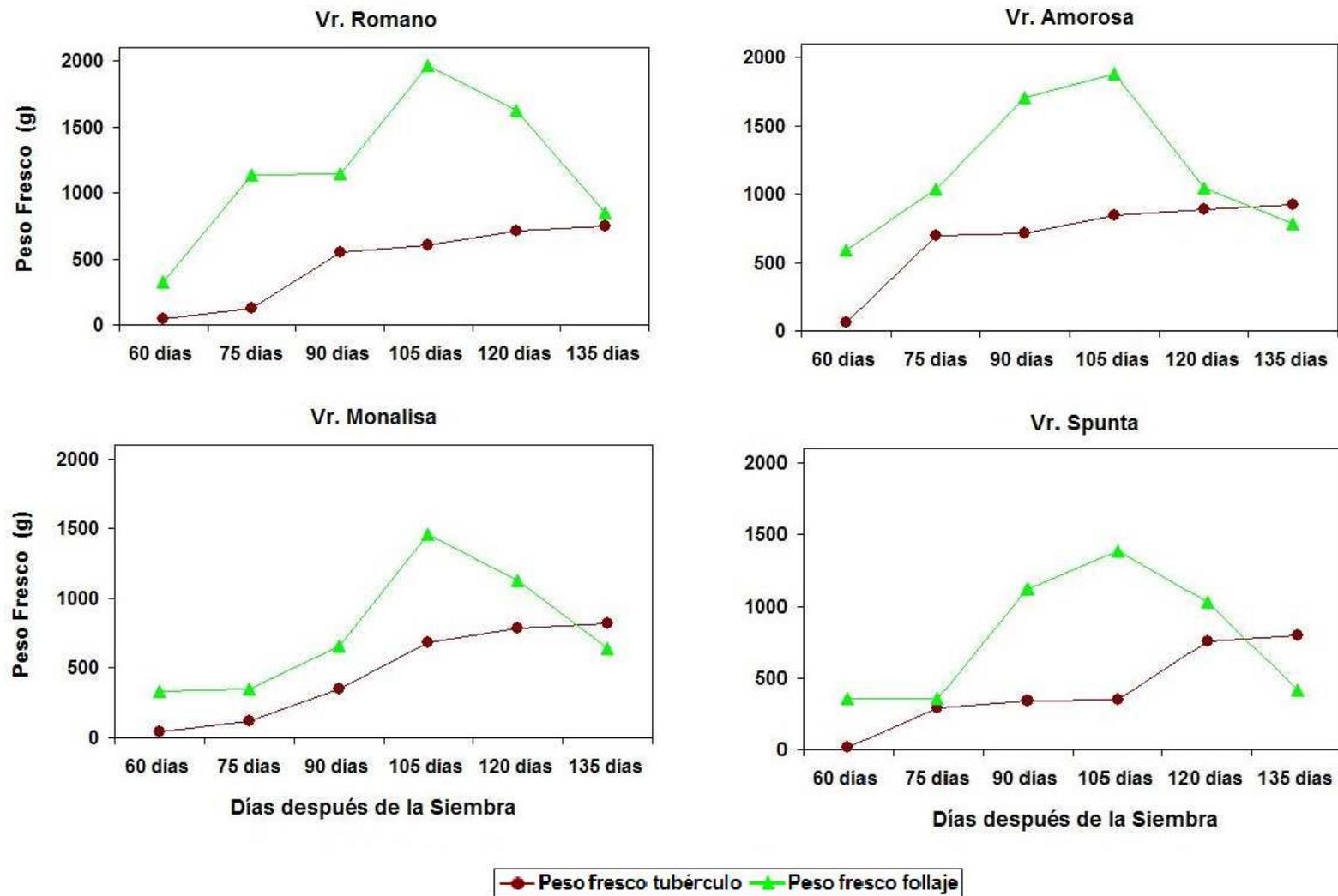


Figura 6.4. Curvas de acumulación del peso fresco del follaje (PFF) y del peso fresco de tubérculos (PFT) para las variedades semitempranas: Romano, Amorosa, Monalisa y Spunta, (en gramos por planta).

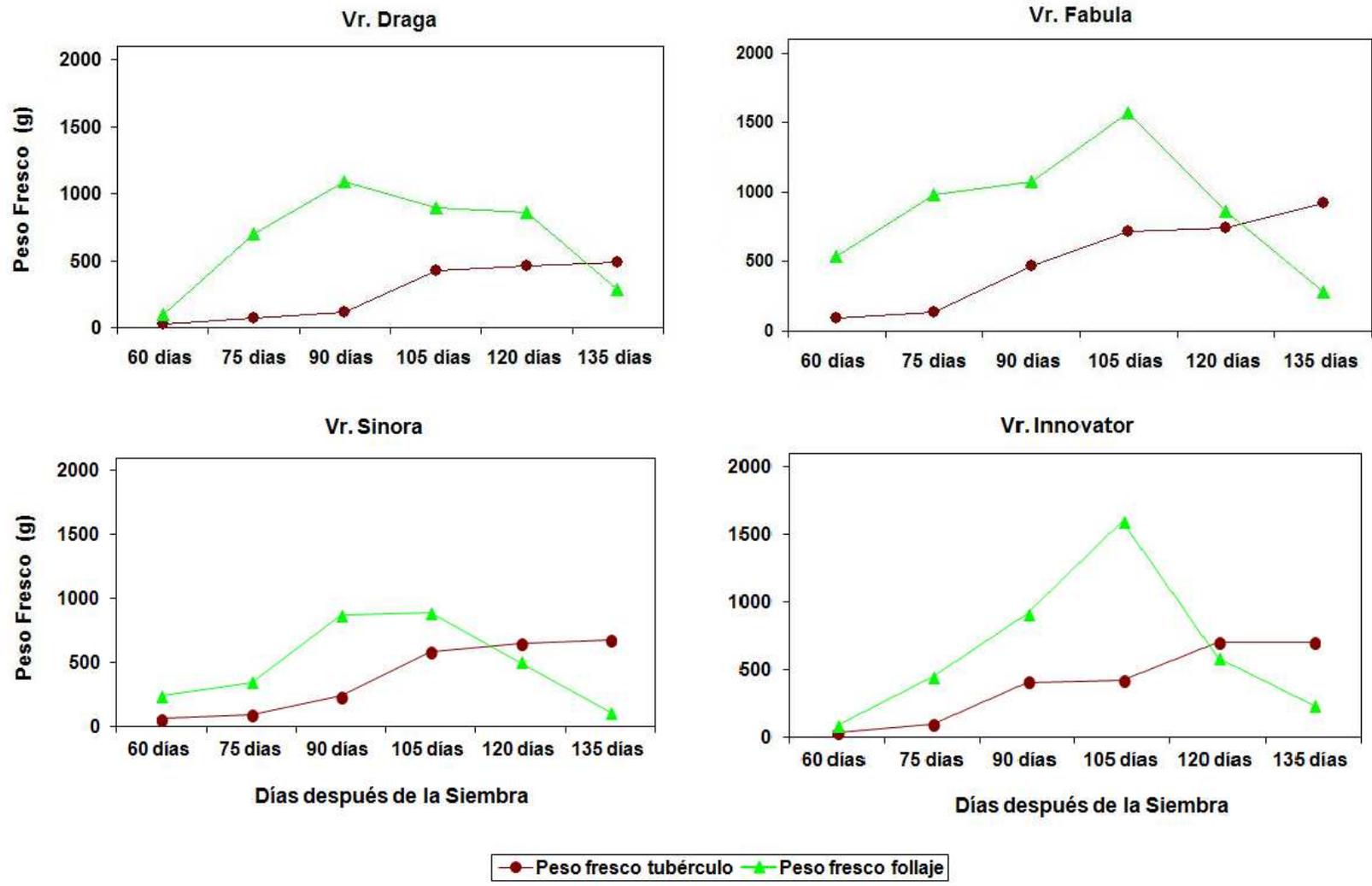


Figura 6.5. Curvas de acumulación del peso fresco del follaje (PF) y del peso fresco de tubérculos (PFT) para las variedades semitempranas: Draga, Fábula, Sinora, Innovato (en gramos por planta).

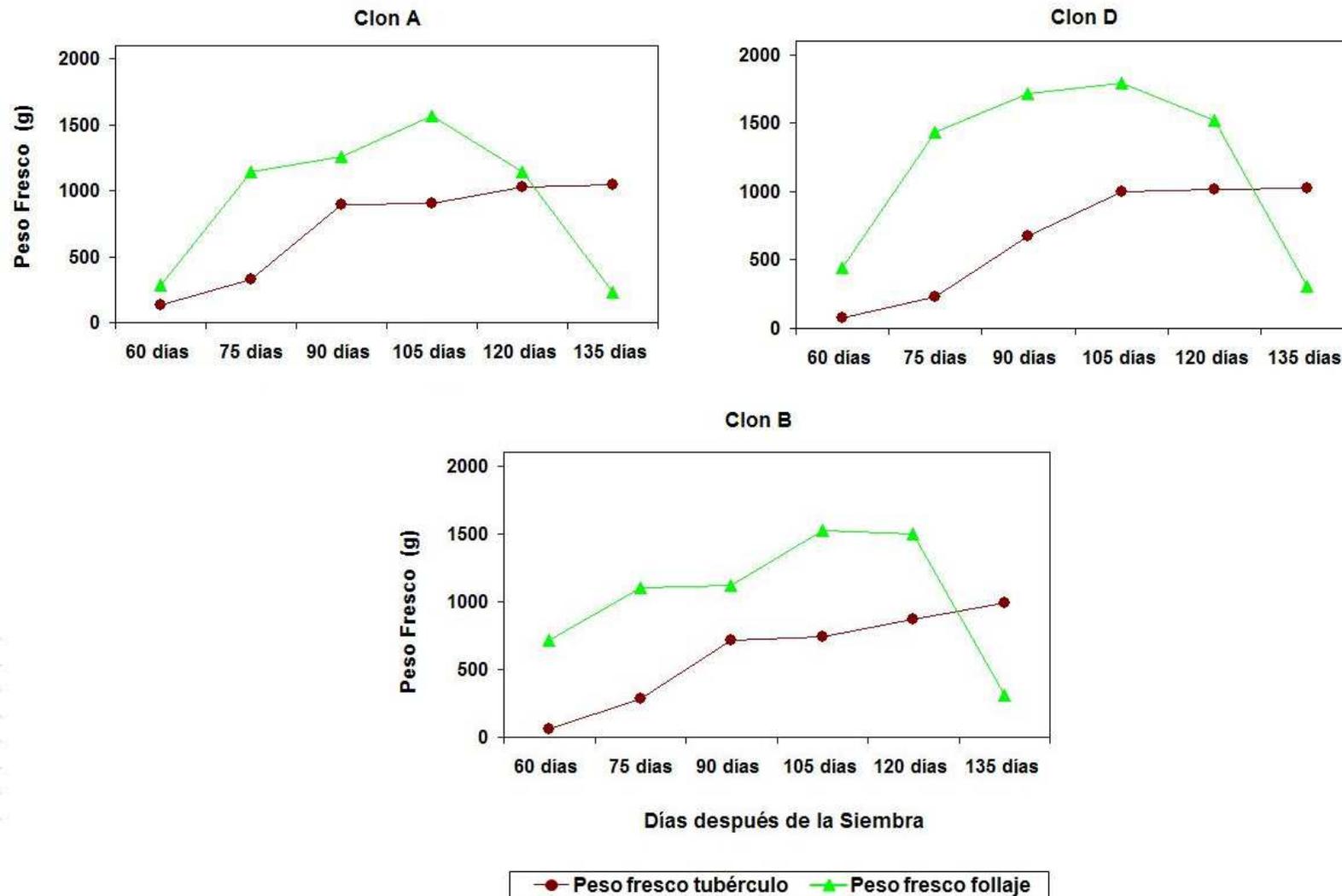


Figura 6.6. Curvas de acumulación del peso fresco del follaje (PFF) y del peso fresco de tubérculos (PFT) en gramos por planta, para los clones A, B y D (clones avanzados semitempranos).

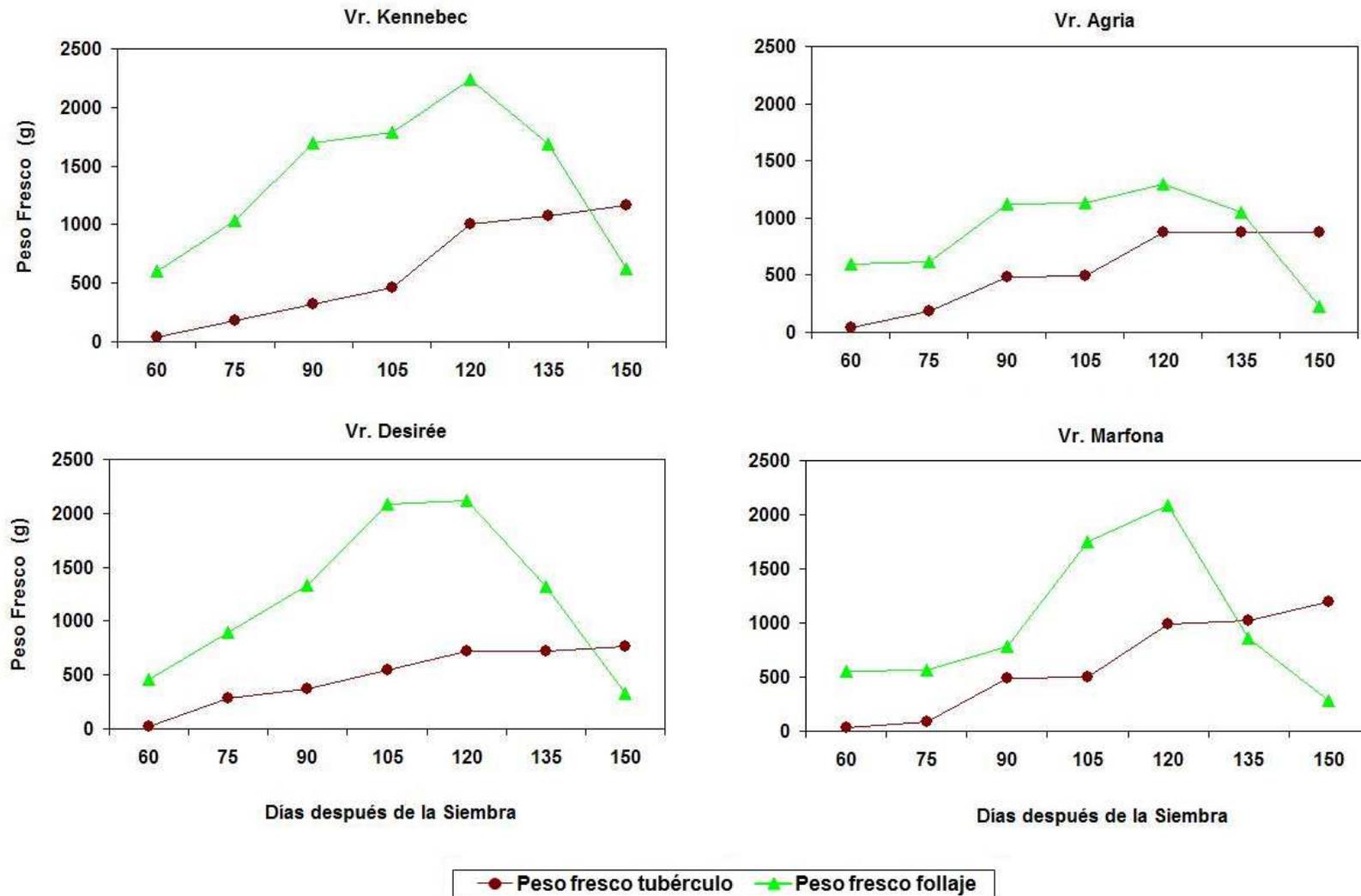


Figura 6.7. Curvas de acumulación del peso fresco del follaje (PFF) y del peso fresco de tubérculos (PFT) para las variedades semitardías: Kennebec, Agrida, Desirée y Marfona (gramos por planta).

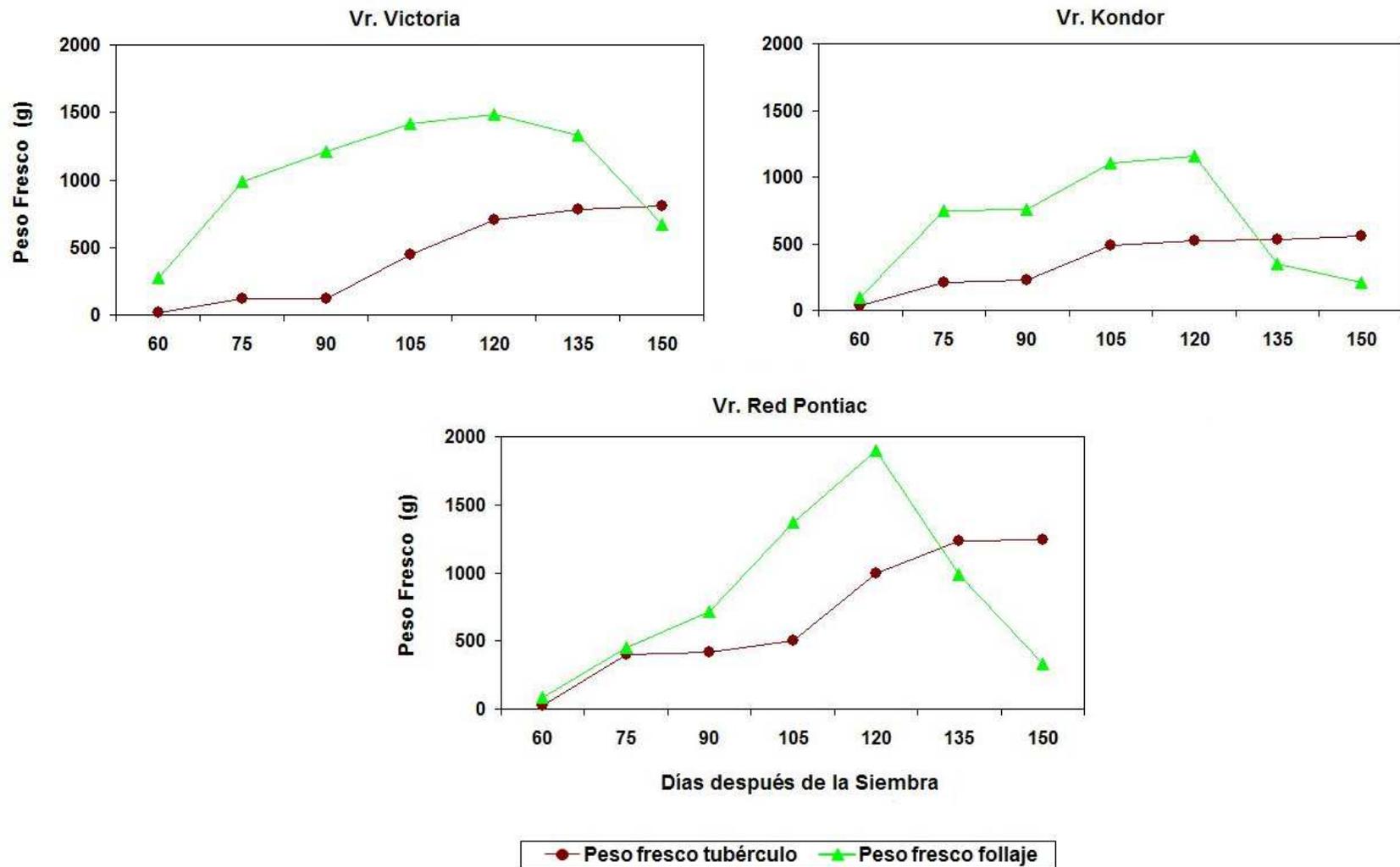


Figura 6.8. Curvas de acumulación del peso fresco del follaje (PFF) y peso fresco de tubérculos (PFT) para las variedades semitardías: Victoria, Kondor y Red Pontiac (gramos por planta).

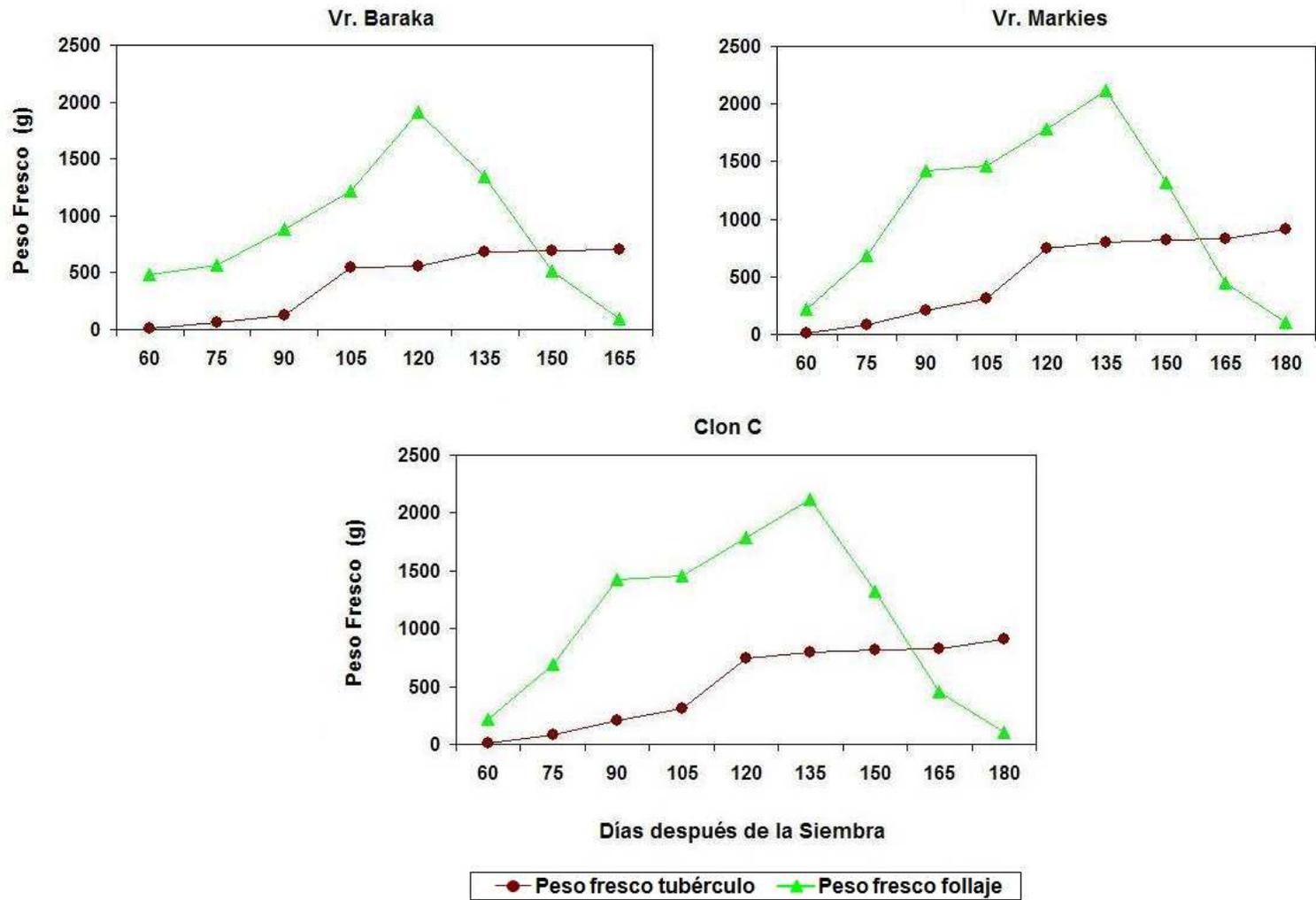


Figura 6.9. Curvas de acumulación del peso fresco del follaje (PFF) y del peso fresco de tubérculos (PFT) para las variedades Tardías: Baraka, Markies y Clon C (gramos por planta).

C. RENDIMIENTO TOTAL DE LOS TUBÉRCULOS

En la tabla 6.10 se pueden ver los resultados obtenidos por las diferentes variedades comerciales y clones avanzados en estudio, en cada uno de los tres suelos. Los rendimientos se expresan en kilogramos por hectárea, los resultados de experimentos de campo vienen a estar reflejados por su coeficiente de variación, en experimentos con rendimientos agronómicos y ganaderos, los coeficientes de variabilidad pueden variar generalmente entre 9 y 29% (Calzada, 1970), para nuestro caso, los coeficientes de variabilidad han sido de 16, 18 y 14 para los suelos A, B y C respectivamente, por lo que se consideran válidos y fiables. Las pruebas de significación estadística de Duncan y Tukey permiten determinar la diferencia significativa entre los rendimientos de las variedades y clones en estudio con un umbral en este caso del 1%, las variedades que tienen la misma letra en la tabla no presentan diferencias significativas.

En la figura 6.10 además de señalar los rendimientos conseguidos, se detallan los calibres comerciales alcanzados por estos genotipos. Se observan diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre los rendimientos en cada uno de los suelos siendo las Variedades Red Pontiac, Marfona, Jaerla y el Clon A, los que se han adjudicado los mejores rendimientos.

En el suelo A, son las variedades semitardías Red Pontiac, Marfona y Kennebec las que obtienen rendimientos de 52, 50 y 49 t ha⁻¹ respectivamente, seguidas por la variedad precoz Jaerla con un rendimiento de 48 t ha⁻¹, dos genotipos semitempranos, el Clon A y el Clon D logran rendimientos en promedio de 43 t ha⁻¹, un genotipo semitardío y otro semitemprano, los clones C y B, producen 42 y 41 t ha⁻¹ respectivamente. En este suelo y bajo estas condiciones los más bajos rendimientos son para una variedad semitardía Kondor (23 t ha⁻¹) y para una semitemprana Draga con 20 t ha⁻¹.

En el suelo B, se observan también diferencias altamente significativas entre los rendimientos ($p < 0.001$), y son otra vez las variedades semitardías Marfona, Red Pontiac, y Agria las que mejor rinden con 48.8, 48.5 y 36.4 t ha⁻¹ respectivamente. Entre las precoces, la variedad Jaerla es la que mejor responde con 48 t ha⁻¹, entre las variedades semitempranas el Clon A y la variedad Monalisa con rendimientos de 41 y 37 t ha⁻¹ se ponen a la cabeza de las otras variedades semitempranas. Los menores rendimientos son para la variedad semitardía Victoria con 27 t ha⁻¹ y las semitempranas Amorosa y Draga con rendimientos en promedio de 17 t ha⁻¹.

En el Suelo C el comportamiento de estas variedades también es altamente significativo ($p < 0.001$), con rendimientos muy superiores para las variedades semitardías, Red Pontiac, Marfona y Agria, con 49, 47 y 37 t ha⁻¹ respectivamente. La variedad precoz Jaerla responde también muy bien a estas condiciones con un rendimiento de 47 t ha⁻¹ similar a los rendimientos logrados por la variedad Marfona. Las variedades semitempranas Monalisa y Clon A con rendimientos en promedio de 41 t ha⁻¹ nos señalan mejores respuestas que Sinora y Draga que en promedio obtienen 21 t ha⁻¹.

El crecimiento y la producción en patata es el resultado de dos grandes determinantes: la conformación genética de la planta (genotipo) y el ambiente en que se desarrolla. El genotipo es esencialmente constante en comparación con los cambios ambientales que puedan experimentar, sin embargo la expresión del fenotipo de la información genética, se encuentra influenciada ampliamente por los cambios regulares e irregulares del ambiente de crecimiento.

La longitud del ciclo de crecimiento del cultivo de patata depende del tipo de siembra e inicio de tuberización, rapidez inicial de tuberización y de la pendiente de la curva de tuberización, durante la época de llenado de tubérculos (Schafleitner et al., 2011). El proceso de tuberización se encuentra bajo el control de factores medioambientales y genéticos, los que afectan el brotamiento, vigor a la nascencia, velocidad y longitud de crecimiento, cobertura de follaje, porte y ciclo de crecimiento, inicio de la tuberización, velocidad y ritmo de crecimiento durante la época de llenado del tubérculo. Es importante recalcar que la tuberización en patatas es un proceso complejo que implica la confluencia de varias señales hormonales y ambientales (Sarkar 2008). El comportamiento de las variedades ha sido similar en todos los campos, pero aparecen claras diferencias entre las variedades en los ensayos en los tres suelos en estudio.

En las variedades precoces, destaca la variedad Jaerla que a los 105 días alcanza su mayor PFF (1588 g) en comparación con las variedades Agata, Latona, Atlantic que lo alcanzan a los 90 días, con 1146, 1125 y 1090 g por planta. Esta mayor producción de follaje le confiere a la Variedad Jaerla mayor eficiencia fotosintética y mejor translocación de carbohidratos sin desgastar su metabolismo en la producción de un mayor crecimiento vegetativo, logrando a los 120 días una producción en promedio de 48 t ha⁻¹ en los tres suelos, muy superior a las variedades Agata, Latona y Atlantic cuyos rendimientos en promedio son de 33, 34 y 35 t ha⁻¹.

Dentro de los genotipos que se encuentran en la categoría de semitempranos el Clon A y la variedad Monalisa, logran su mayor PFF en promedio a los 105 días con 1567 y 1458 g por planta respectivamente, en comparación con las variedades Romano (1966 g), Amorosa (1879 g), Clon D (1789) e Innovator (1598 g). El Clon A y la Vr. Monalisa poseen mejor eficiencia fotosintética ya que con menor PFF logran a los 135 días rendimientos en promedio de 41.8 y 37 t ha⁻¹ en los tres suelos en estudio, mucho mayores que los genotipos Romano, Amorosa, Clon D e Innovator que con mayor PFF, logran menor PFT por planta, con rendimientos de 33, 29, 33.4 y 29.6 t ha⁻¹, respectivamente.

Entre todas las variedades y clones ensayados, las variedades mas rendidoras, en los suelos A, B y C han sido Red Pontiac 52, 48 y 49 t ha⁻¹, Marfona con 50, 49 y 47 t ha⁻¹ y Kennebec con 49, 34 y 34 t ha⁻¹ respectivamente, correspondiendo a la categoría de Semitardías. Estas logran el mayor PFF a los 120 días con 1897, 2087 y 2234 gramos por planta. El rendimiento final de estos tubérculos ha sido más eficiente, ya que la actividad fotosintética ha proporcionado un adecuado desarrollo vegetativo de la planta y es la duración del periodo de crecimiento de los tubérculos, lo que ha proporcionado en la Variedad Red Pontiac un mejor rendimiento a pesar de tener menos PFF que las Variedades Marfona o Kennebec.

Tabla 6.10. Rendimiento total de tubérculos en los suelos TOBAR-TAB (Suelo A), TOBAR-CARR (Suelo B) y TOBAR-LA TIA (Suelo C).

Genotipos	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	SUELO A		Genotipos	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	SUELO B		Genotipos	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	SUELO C	
Red Pontiac	51917	a	A	Marfona	48788	a	A	Red Pontiac	48711	a	A
Marfona	49708	b	B	Red Pontiac	48477	a	AB	Marfona	47366	b	B
Kennebec	48708	bc	B	Jaerla	47489	b	B	Jaerla	47113	b	B
Jaerla	48208	c	B	Clon A7677	40788	c	C	Monalisa	41257	c	C
Clon A7677	43458	d	C	Monalisa	36811	d	D	Clon A 7677	41231	c	C
Clon D9397	42667	de	CD	Agria	36413	d	D	Agria	36478	d	D
Clon C4976	42167	ef	CD	Agata	34623	e	E	Romano	34878	e	E
Clon B4334	41250	f	D	Spunta	34578	e	E	Agata	34877	e	E
Latona	39000	g	E	Markies	34487	ef	F	Clon C4976	34478	e	E
Fábula	38708	g	E	Atlantic	34321	fgh	F	Atlantic	34317	ef	E
Amorosa	38667	g	E	Kennebec	33897	ghi	F	Kennebec	33898	efg	F
Markies	38000	g	EF	Clon C4976	33687	hi	F	Desirée	33690	gh	F
Agria	36625	h	FG	Romano	33487	i	FG	Markies	33584	gh	F
Atlantic	35708	h	GH	Latona	33443	i	FG	Amorosa	31421	i	G
Monalisa	34208	i	HI	Desirée	32369	j	GH	Kondor	31413	i	G
Victoria	33458	i	IJ	Innovator	30447	k	H	Victoria	31247	i	G
Spunta	33250	i	IJ	Clon D9397	29566	l	I	Fábula	29477	j	H
Desirée	31667	j	JK	Sinora	27443	m	J	Spunta	29423	j	H
Romano	31208	j	KL	Fábula	27369	m	J	Innovator	29336	j	H
Baraka	29417	k	LM	Baraka	27118	m	J	Latona	28457	k	I
Innovator	29208	k	LM	Clon B4334	26977	n	J	Baraka	28341	k	I
Agata	28625	k	M	Kondor	26548	n	J	Clon D9397	28123	kl	I
Sinora	28458	k	M	Victoria	26477	n	K	Clon B4334	24474	l	J
Kondor	23292	l	N	Amorosa	16999	o	L	Sinora	21487	m	K
Draga	20167	m	0	Draga	16977	o	L	Draga	21433	m	K
CV	15.83			CV	18.37			CV	14.17		

Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, prueba de Duncan (p<0.001). Letras mayúsculas prueba de Tukey.
CV: Coeficiente de Variación.

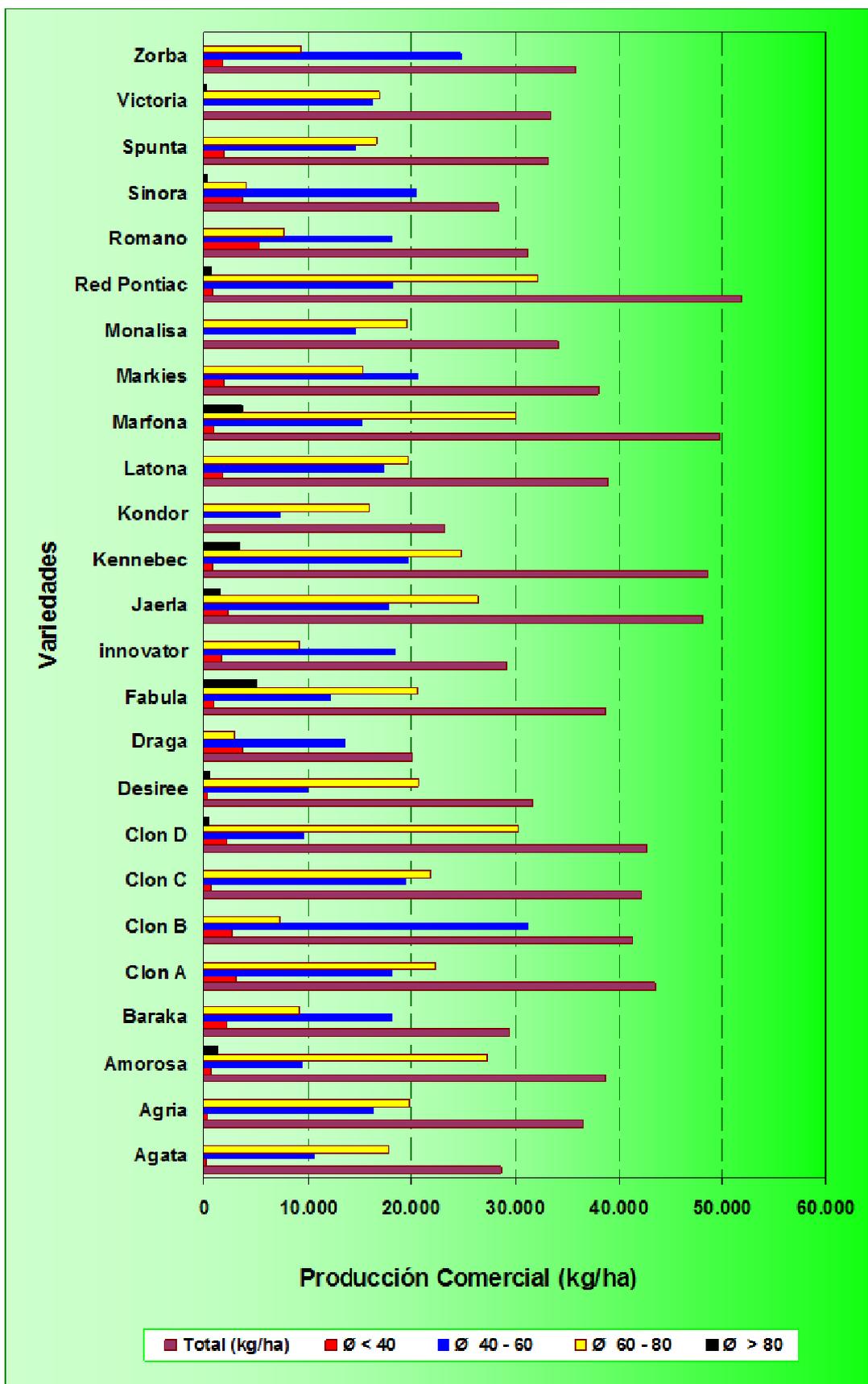


Figura 6.10. Rendimiento total de tubérculos, por calibres comerciales de las variedades y clones en estudio

D. RENDIMIENTO TOTAL DE LOS TUBÉRCULOS POR CALIBRES

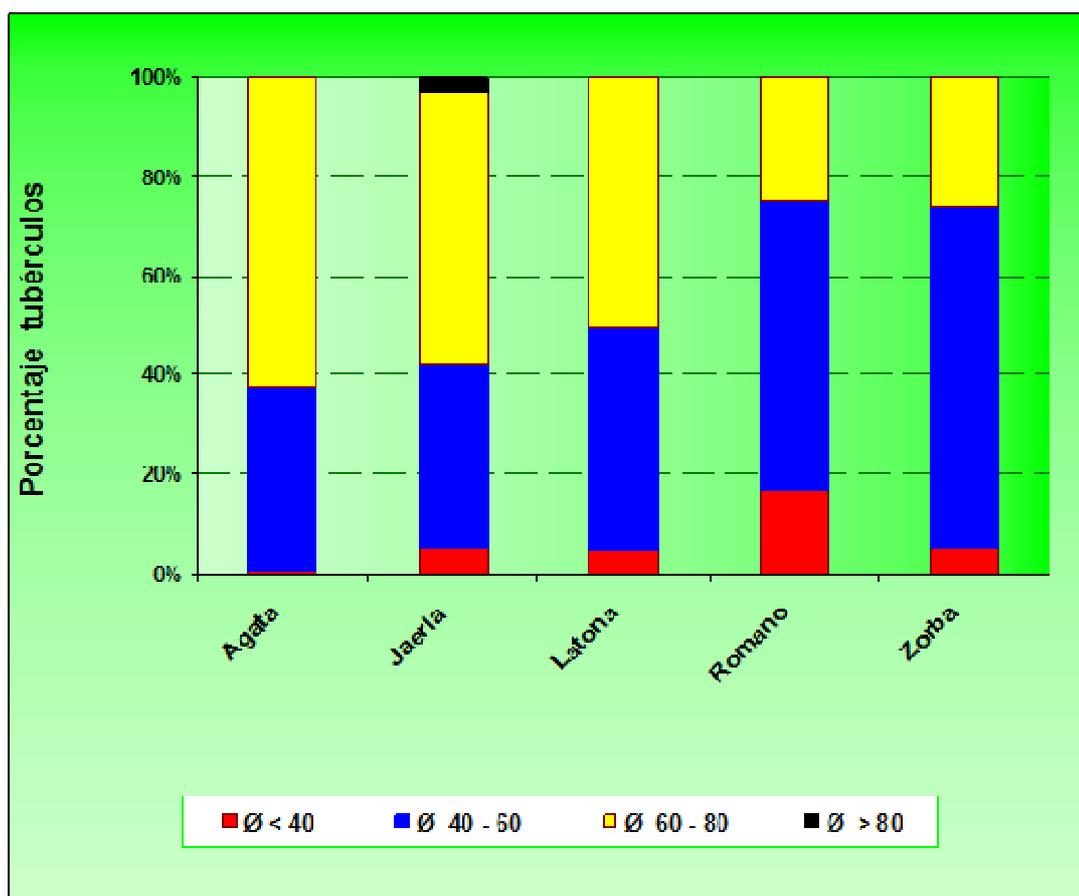


Figura 6.11. Porcentaje en peso obtenido de cada calibre de los tubérculos de las variedades Precoces

En las figuras 6.11, 6.12 y 6.13 podemos observar el porcentaje en peso obtenido de los tubérculos por calibre de cada categoría comercial de patatas, en las variedades estudiadas dominan claramente los calibres comerciales denominados de calidad, considerados como aquellos que comprenden los calibres de 40-60 y de 60-80mm. En este estudio se ha encontrado que los perfiles de distribución entre ellos son muy diferentes, dominando el calibre de 40-60 y de 60-80mm entre las variedades Monalisa, Agria, Latona, Clon A, Clon C, Jaerla y Kennebec, predominando en la producción total con el 70% de su peso.

Los resultados sugieren la capacidad de un grupo de variedades y clones con adaptación a todas las condiciones edafológicas estudiadas y otro grupo que se adapta mejor a unas condiciones específicas, expresados por el rendimiento y la uniformidad en su producción, como rendimiento, forma, número, tamaño y calibre de tubérculos, estudios comparativos con nuevos materiales aportados por los cruzamientos genéticos nos permitirá seleccionar genotipos ampliamente adaptados y otros muy superiores con adaptación general y específica (Sharma et al., 2013).

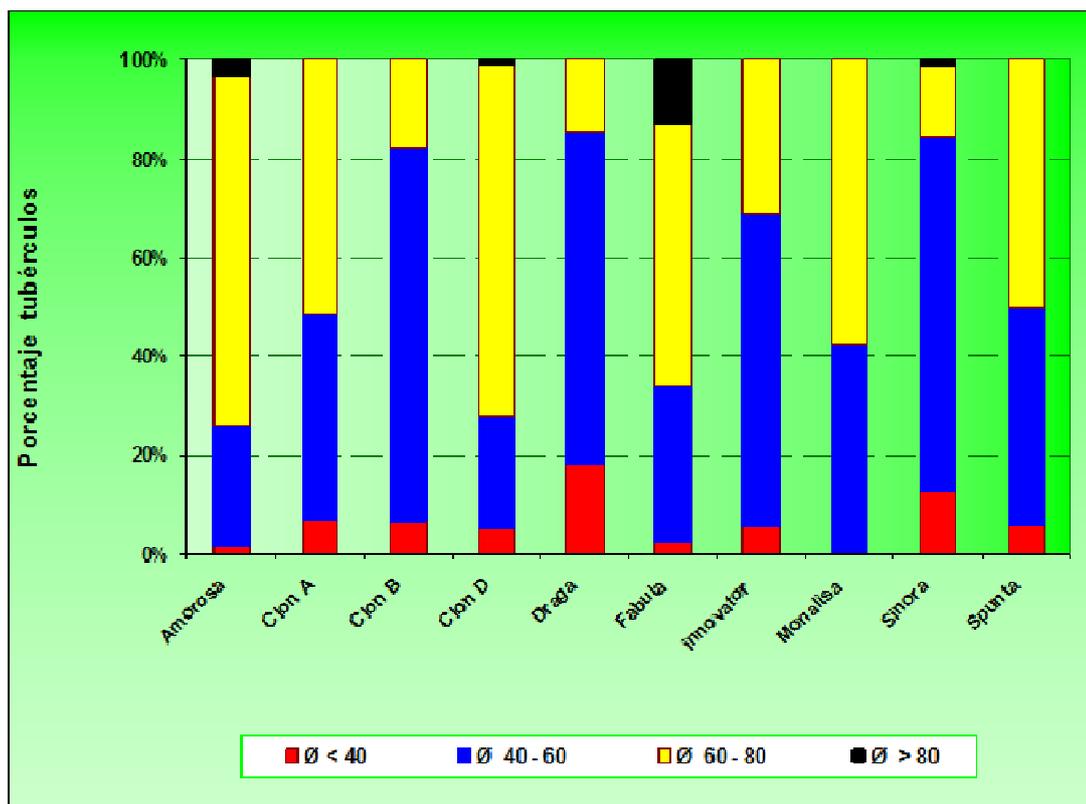


Figura 6.12. Porcentaje en peso obtenido de cada calibre de las variedades Semitempranas

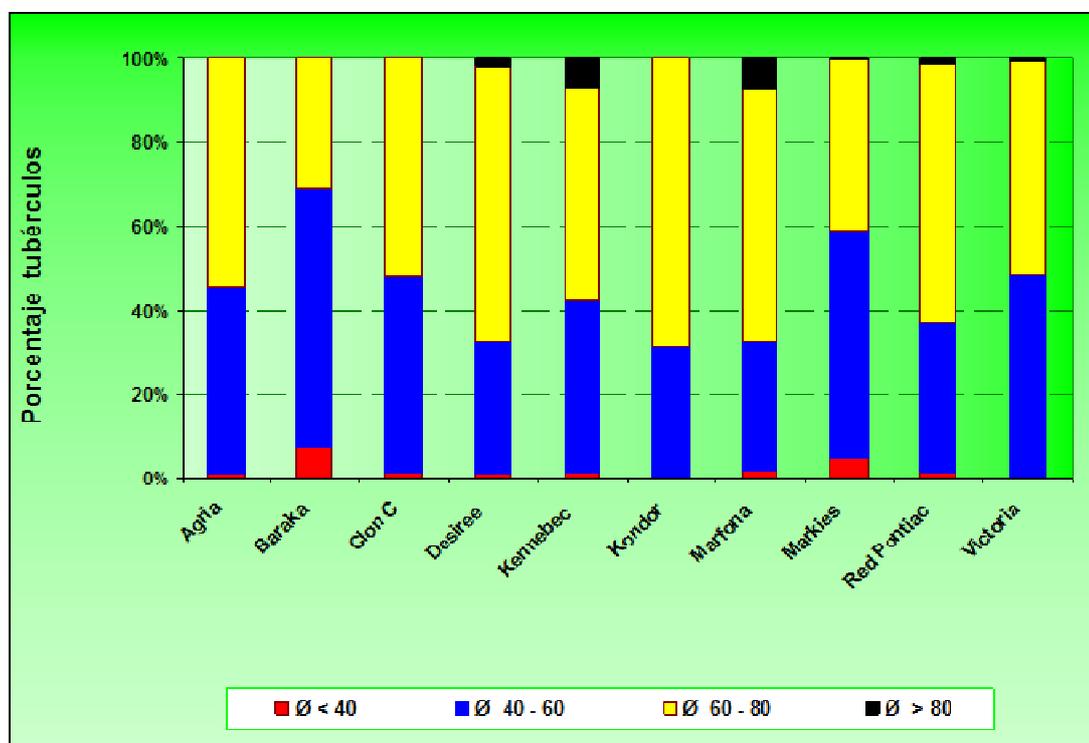


Figura 6.13. Porcentaje en peso obtenido de cada calibre de los tubérculo de las variedades Semitardías, tardías y muy tardías

Fueron seleccionadas entre las variedades precoces, la variedad Jaerla por su precocidad precisamente, alta producción, mayor eficiencia fotosintética, su uniformidad en el rendimiento y en la producción de tubérculos, en los tres suelos A, B y C con rendimientos de 48.3, 47.6 y 47.1 t ha⁻¹ respectivamente. En la figura 6.11, se muestra el porcentaje de tubérculos según los calibres comerciales, en donde se muestra un 4% de patatas de calibre pequeño menor de 40mm y de 3% patatas con calibres mayor de 80mm, repartándose proporcionalmente en 44% y 49% los calibres llamados comercialmente de calidad que comprenden los calibres de 40-60 y 60-80mm respectivamente.

Dentro de los genotipos denominados semitempranos el Clon A y la variedad Monalisa, han sido seleccionados por la uniformidad de su producción y rendimiento en los tres suelos en estudio, el clon A con rendimientos de 43.6, 40.8 y 41.2 t ha⁻¹ y la Variedad Monalisa con 34.3, 36.8 y 41.3 t ha⁻¹ respectivamente. Además de la producción por calibres comerciales de 43 y 53 % para el Clon A y de 42.6 y 57.4% para los calibres comerciales comprendidos entre 40-60 y 60-80mm, respectivamente.

Aunque las variedades más rendidoras se encuentran en la categoría denominada semitardías, la producción en los tres suelos ha estado marcada por el buen rendimiento de las variedades Red Pontiac 52, 48 y 49 t ha⁻¹, Marfona con 50, 49 y 47 t ha⁻¹ y Kennebec con 49, 34 y 34 t ha⁻¹ respectivamente, pero también por una mayor desuniformidad en el rendimiento, predominando los calibres de 60-80mm y mayor de 80mm. Dentro de este grupo es destacable el comportamiento de la Variedad Agria que con un PFF de 1298 g por planta ha logrado en promedio en los suelos A, B y C, rendimientos de 37, 36 y 37 t ha⁻¹ respectivamente, la uniformidad en el número y calibre de sus tubérculos, con sólo un 1% de calibre pequeño menor de 40mm y dominando claramente con el 99% los calibres considerados comerciales o de calidad, 44.6% y 54.3% para los calibres de 40-60 y 60-80mm respectivamente. Las demás variedades semitardías Desirée, Victoria, y Kondor, con rendimientos menores en promedio y poca uniformidad en su producción en los tres suelos, donde obtienen mayor tendencia hacia los calibres grandes.

*Han sido seleccionados las variedades Jaerla, Monalisa, Clon A y Agria, por ser las más estables en rendimiento, calibre comercial, forma y tamaño de tubérculo, lo cual podría estar indicando que estos genotipos portan genes de estabilidad para este medio, los cuales están presentes independientemente del origen del genotipo, ya sean estos híbridos (subespecie *tuberosum x andigenum*), cruzamientos de variedad por selección de polinización libre (PL) o variedades comerciales (subespecie *tuberosum x tuberosum*). Hemos observado que el mismo efecto ambiental no actúa en igual medida sobre el comportamiento de las variedades y clones, las mismas que han mostrado un comportamiento diferenciado (Haynes, 2012), estas diferencias reflejan las características de los genotipos ensayados, a pesar de que las variedades comerciales tienen estabilidad y adaptación a ambientes contrastantes, es necesario seguir experimentando en campo con estos genotipos, siguiendo el cultivo desde la selección de la semilla, plantación, recolección y almacenamiento, todo lo cual nos dará más detalles acerca de la variedad, de su adaptación a amplios ambientes, de su rendimiento y calidad, para seleccionar la que mejor se adecue a nuestras necesidades.*

CAPÍTULO VII

EFECTO DE LA APLICACIÓN ENMIENDAS ORGÁNICAS SOBRE EL CULTIVO DE PATATA

En este capítulo analizaremos y evaluaremos el efecto de la aplicación del compost de residuos urbanos (RU) y de otras enmiendas orgánicas provenientes de la actividad agrícola y ganadera sobre la producción, calidad y rendimiento en el cultivo de patata (*Solanum tuberosum* L).

A continuación trataremos algunos aspectos de la caracterización, producción, gestión y tratamiento de estos residuos, como una de las prioridades de la política ambiental nacional y europea; observaremos las normativas legales que regulan la utilización de estos residuos con fines agrícolas y de los posibles riesgos que podrían llevar estas prácticas.

7.1. LOS RESIDUOS. CLASIFICACIÓN.

Se considera residuo a cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse (art. 3.1 de la Directiva Marco de Residuos, Ley 22/2011).

Los residuos pueden ser clasificados de diversas formas y según su estado físico puede ser: sólidos, líquidos, gaseosos o pastosos, desde el punto de vista de su origen y el destino potencial, en residuos sólidos orgánicos, residuos sólidos inertes y residuos sólidos peligrosos. Según el uso y origen que se les pueda dar a los residuos en agrícolas, forestales, ganaderos, industriales y residuos urbanos (basuras urbanas) (Hontoria y Zamorano, 2000; Antunes-Pereira, 2008)

Los residuos urbanos son todos aquellos que son generados por cualquier actividad en los núcleos de población o sus zonas de influencia y constituyen un problema para el hombre desde el momento de su producción ya que alcanzan grandes volúmenes. Su gestión y tratamiento correcto se ha convertido en una de las prioridades de la política ambiental de la Unión Europea y uno de los destinos finales, podría ser la utilización de la parte orgánica de estos residuos urbanos, previa descomposición y estabilización biológica; para que puedan ser utilizados como enmiendas orgánicas en los suelos, especialmente los de la región mediterránea que se encuentran sometidos a procesos de erosión y desertificación que origina el empobrecimiento progresivo de su materia orgánica.

7.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS URBANOS

Los residuos urbanos (RU) de origen domiciliario están constituidos por un conjunto de materiales heterogéneos, cuya producción y composición variará cuantitativa y cualitativamente, dependiendo de numerosos factores tales como, las características de la población, el clima, la estación del año, el modo y el nivel de vida de la población y sus hábitos de consumo. Los residuos urbanos están compuestos por los siguientes materiales: vidrio, papel y cartón, restos orgánicos, plásticos, textiles, metales, madera, escombros, otros.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) en el año 2013 se registraron 25.3 millones de toneladas de residuos (4.4% más que el año 2012); las principales categorías fueron los residuos metálicos, papel y cartón y restos orgánicos (animales y vegetales) con 9.6, 4.7 y 2.5 millones de toneladas respectivamente (INE,

2015). Hace unos años era normal encontrar que los componentes orgánicos de los RU, llegaran a ser entre un 50 a un 65% del total de residuos (Fontanet y Poveda, 1999), apreciándose una marcada tendencia hacia la disminución cuantitativa de estos componentes en un entorno del 40% (García-Gil, 2001); actualmente nos encontramos con un 29% de restos orgánicos del total de residuos reciclados, manteniéndose constantes las fracciones correspondientes a papeles, plásticos, y vidrios. Parece ser que la recogida selectiva en origen de estos residuos, está influyendo en la disminución de los contenidos de estos materiales en los residuos urbanos (Figura 7.1)

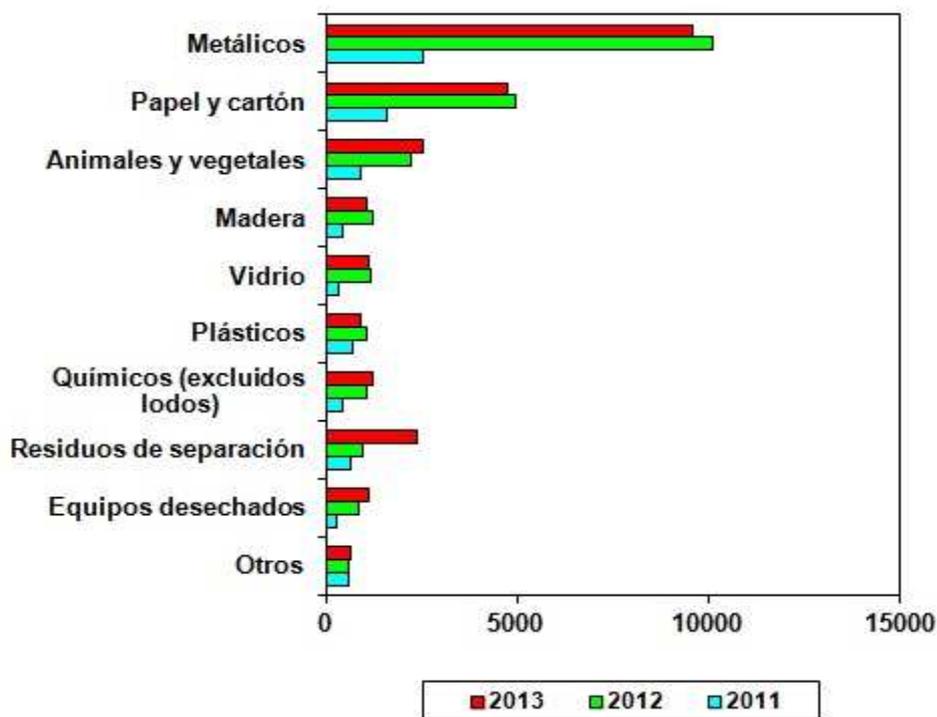


Figura 7.1. Cantidad de Residuos generados por categoría (miles de toneladas). Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE,2013, 2014, 2015).

En la Tabla 7.1, se observa la producción de residuos domésticos en España por comunidades, entre 1998 al 2013, observándose un incremento en la generación de RU “per capita” de 1.2 a 1.99 kg por habitante y día en las grandes ciudades y de 0.7 a 1.1 en las pequeñas poblaciones.

7.3. PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS URBANOS

En España se está observando una disminución en la cantidad de RU desde 2008 hasta el año 2013 (Figura 7.2). Según las estadísticas de recogida y tratamiento de residuos proporcionados por el INE, las empresas gestoras de RU recogieron 25.3 millones de toneladas de residuos en el año 2013 (2.7% menos que el año anterior), de los cuales 17.9 millones correspondieron a residuos mezclados y 3.9 millones a los de recogida selectiva (INE, 2015).



Figura 7.2. Recogida de Residuos Urbanos. (Miles de toneladas) Fuente: INE, 2013, 2014 y 2015

El INE realiza anualmente las Estadísticas de Recogida y Tratamiento de Residuos con el objetivo de cuantificar la gestión de los mismos. Dentro de dicha gestión se estudia la recogida de residuos de carácter urbano y el tratamiento final de todos los residuos generados. El marco de referencia se actualiza anualmente a partir del Diseño de Itinerarios para la Recogida de Residuos Sólidos Ligeros (DIRCE) y de los listados licencias de gestores de residuos suministrados por las comunidades.

En lo que se refiere a la recogida y tratamiento de residuos en el año 2013 se recogieron 467.6 kilogramos de residuos urbanos por habitante, un 3.49% menos que el año anterior (484.80 kg). El tratamiento final de residuos alcanzó los 45.6 millones de toneladas, un 1.4% más que en el 2012. Las actividades de servicios generaron 5.9 millones de toneladas de residuos y el sector de la construcción 21 millones. (INE, 2015).

Tabla 7.1. Producción de Residuos Domésticos en España por Comunidades

	Kg hab ⁻¹ día ⁻¹			Kg hab ⁻¹ año ⁻¹		
	1998	2012	2013	1998	2012	2013
Andalucía	1.06	1.59	1.49	388.36	580.40	544.00
Aragón	0.96	1.20	1.13	350.40	439.40	410.90
Asturias	1.10	1.39	1.34	401.50	508.50	489.40
Baleares	1.80	1.96	1.99	657.00	716.20	727.40
Canarias	1.72	1.69	1.57	627.80	619.70	571.40
Cantabria	1.26	1.51	1.43	458.44	554.30	523.20
Castilla-La Mancha	0.98	1.23	1.19	357.70	448.80	433.70
Castilla-León	1.05	1.25	1.11	384.34	457.90	406.50
Cataluña	1.35	1.36	1.34	492.75	496.10	488.10
Valencia	1.40	1.17	1.18	511.00	428.80	431.20
Extremadura	1.06	1.23	1.12	386.90	449.90	409.40
Galicia	0.82	1.11	1.08	299.30	406.90	393.30
Madrid	1.29	1.03	1.00	472.00	378.30	365.90
Murcia	1.02	1.19	1.24	372.30	435.30	453.90
Navarra	1.28	1.27	1.20	467.20	463.90	437.20
País Vasco	1.05	1.41	1.45	383.25	516.30	528.20
La Rioja	1.05	1.09	1.12	383.25	399.10	410.20
ESPAÑA	1.20	1.32	1.28	436.58	484.80	467.60

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos proporcionados por Instituto Nacional de Estadística (INE, 2014,2015)

Como se puede observar en la Figura 7.3, la mayoría de los residuos urbanos generados en España vienen siendo eliminados mediante su depósito en vertederos; entre el año 2001 y el 2013 se observa una disminución considerable en este tipo de tratamiento, incrementándose la recogida selectiva en origen y el reciclado de las fracciones orgánicas de los residuos a través del compost. En el año 2013, el 60% de los RU terminó en los vertederos, porcentaje que duplica la media de la UE (31%), sólo el 30% se reciclan o se convierten en compost en España, frente al 43% de la media de la UE. (INE, 2015; EUROSTAT, 2015).

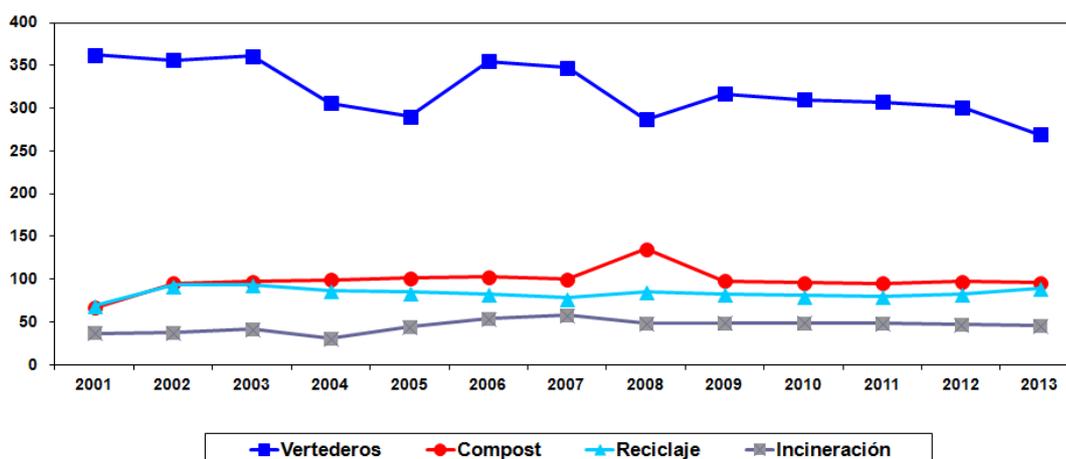


Figura 7.3. Tipo de Tratamientos de Residuos en España (kilogramos por persona). Fuente: Elaboración propia partir de datos proporcionados por Eurostat (2015).

A la hora de enfocar este apartado es conveniente tener muy presente que la producción de residuos actual tiene como objetivo la recuperación de forma directa o indirecta de determinados componentes contenidos en los mismos, en base a un proceso que es el reciclaje, que consigue la separación de los residuos no degradables (vidrio, plástico, metal) de los degradables (restos orgánicos, papel, cartón textiles, etc); nosotros utilizaremos la fracción orgánica de estos residuos orgánicos que por fermentación controlada se transformará en un producto inocuo y con buenas propiedades como fertilizante o enmienda orgánica de suelo, el que recibe el nombre de compost.

7.4. **NORMATIVA LEGAL**

En las últimas décadas ha surgido una gran preocupación ambiental por los problemas que generan los residuos que nace en los países con mayor desarrollo económico, obligando a encarar problemas de contaminación del medio ambiente y sus consecuentes efectos adversos sobre la salud. Para lograr su manejo adecuado es necesaria una infraestructura que facilite tomar las acciones necesarias para una adecuada gestión que contemple los procesos de generación, manipulación, acondicionamiento, almacenamiento y transporte, garantizando la eliminación o la valoración de los residuos, adoptando medidas para reducir la producción, promoviendo la reutilización y el reciclado, todo lo que se necesario para evitar causar impactos negativos en los seres vivos y sobre todo en el medioambiente. Por este motivo son importantes las normativas legales que regulen la gestión de los residuos urbanos

La Directiva Marco de Residuos (DMR) se transpuso al ordenamiento jurídico español mediante la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados (BOE 181, 2011) y sustituyó a la anterior Ley 10/1998, de 21 de Abril, de Residuos (BOE 96,1998). El objetivo fue establecer el régimen de producción y gestión de los residuos, salvaguardando los principios de protección de la salud humana y del medio

ambiente avanzando en el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, mediante la reutilización y el reciclado, así como regular el régimen jurídico de los suelos contaminados.

Complementando la directiva mencionada en lo relativo al compostaje de residuos orgánicos, surge el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes (BOE 164, 2013), el cual señala la regulación de los contenidos máximos de metales pesados en los compost procedentes de residuos orgánicos destinados al consumo agrícola, los cuales no podrán superar el contenido de metales pesados indicados en la tabla 7.2, según sea su clase A, B ó C.

Tabla 7.2. Contenidos máximos en metales pesados de los compost destinados a usos agrícolas.

Metal Pesado	Límites de Concentración (mg kg ⁻¹)		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0.7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Mercurio	0.4	1.5	2.5
Cromo	70	250	300

Fuente: BOE 164 (2013)

En desarrollo a lo dispuesto en el Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo (CE) 2003/2003, de 13 de octubre de 2003, relativo a los abonos, se publicó el Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes (BOE 171, 2005) que complementaba al citado Reglamento e introducía toda la regulación de nuevos tipos de abonos y enmiendas; con posterioridad a dicho Reglamento se aprobaron una serie de disposiciones de ámbito comunitario y estatal, que afectaban al articulado del Real Decreto 824/2005 y al contenido de sus anexos, por lo que se consideró necesario derogar este real decreto y sustituirlo por Real Decreto 506/2013. Este real decreto incluye muy pocas modificaciones con respecto al anterior, afectando al contenido de sus artículos 2, 12, 13, 14, 19, 21, 24, 26, 27, 30 y 31, aunque en su práctica totalidad permanece invariable (BOE 164, 2013).

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) ha elaborado en colaboración con las Comunidades Autónomas (CCAA) y las Entidades Locales (EELL) de conformidad con la Ley 22/2011, un Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos el cual pretende ser el instrumento para orientar la política de residuos en España, contiene las orientaciones y la estructura a la que deberán ajustarse los planes autonómicos, así como los objetivos mínimos a cumplir de prevención, preparación para la reutilización, reciclado, valorización y eliminación de los residuos.

EL Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR)2016-2022, sustituirá al vigente Plan Nacional Integrado de 2008-2015. El PEMAR junto con el Estudio

Ambiental Estratégico, se sometió a consulta pública entre el 2 de junio y el 23 de julio del 2015, siendo aprobado por el Consejo de Ministros el 6 de noviembre del 2015.

El Plan prevé como líneas estratégicas:

- Reducción de la generación de residuos urbanos
- Aumentar y optimizar la cantidad y calidad de los residuos que se recogen separadamente.
- Mejora de la gestión de la fracción orgánica de los residuos municipales.
- Mejora de la red municipal de puntos de recogida.
- Promoción de instrumentos económicos de apoyo a las políticas de residuos.
- Preparación para la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización, incluida la valorización energética.
- Incrementar la recogida en origen de residuos, especialmente en relación con la fracción orgánica de los residuos municipales.

También destaca la necesidad de continuar trabajando en la coordinación con todas las administraciones competentes en este ámbito, de mejorar la información y la transparencia en el ámbito de los residuos y de armonizar las tasas y el uso de instrumentos económicos para evitar barreras entre comunidades autónomas.

Además, apuesta por fortalecer, incrementar y coordinar las actividades de inspección, control y vigilancia, destinar recursos humanos y económicos, por una mayor y mejor comunicación y sensibilización y por potenciar el uso de los materiales procedentes de los residuos. El Plan incorpora, asimismo, las orientaciones y la estructura a la que deberán ajustarse los planes autonómicos de gestión de residuos. Para garantizar el cumplimiento de estos objetivos a nivel nacional, el Plan prevé con carácter general, que las comunidades autónomas cumplan estos objetivos con los residuos generados en su propio territorio, asimismo se podrá establecer la contribución de entidades locales ya sea de forma independiente o asociada, al cumplimiento de los objetivos aplicables a los residuos de competencia municipal.

7.5. COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

El compostaje es una forma de estabilización de los residuos orgánicos, que requiere condiciones de procesos muy específicos, temperatura, aireación y humedad controlada. No es un proceso simple, sino que es la suma total de una serie de transformaciones metabólicas complejas. El ser humano aspira a emular este procedimiento natural de compostaje, de una manera controlada al fin de satisfacer requerimientos tecnológicos y económicos.

En principio, cualquier producto orgánico biodegradable puede compostarse, aunque tienen especial relevancia aquellos que se producen en cantidad y dan lugar a problemas de manejo y eliminación como son los residuos urbanos o de las diversas industrias de transformación. Otros residuos que constituyen una enmienda orgánica muy apreciada por los agricultores, son los estiércoles, excrementos de animales mezclados con diferentes residuos (paja de cereales, viruta de madera, serrín, cascarilla de arroz, etc.) que se utilizan como cama de ganado. Esta mezcla está constituida por materiales ricos en nitrógeno (orina y excrementos) y productos muy ricos en carbono, con alto contenido en celulosa y lignina, los cuales al igual que sucede con otros residuos orgánicos, requerirán de un tratamiento previo de

estabilización biológica en condiciones aerobias (compostaje), donde se sucederán procesos de degradación, mineralización y humificación hasta obtener un producto final que es el compost, rico en nutrientes y libre de malos olores, de microorganismos patógenos y de sustancias fitotóxicas.

7.6. EFECTOS DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS SOBRE SUELOS Y PLANTAS.

La aplicación de compost de residuos urbanos a los agrosistemas degradados, pueden modificar directamente sus propiedades físicas, químicas, reactivar sus propiedades biológicas y bioquímicas, estimulando la proliferación microbiana y su actividad metabólica, por lo que juegan un papel importante en la recuperación de la calidad de los mismos. La Eficiencia de estos materiales como fertilizantes dependerá de diversos factores, entre los que se encuentran el origen y composición, lugar donde serán aplicados, tipo de suelo, pH, temperatura, humedad, relación C/N, actividad biológica (macro y microfauna) y actividad enzimática del suelo, además de los factores ambientales imperantes en la zona.

El compost es ampliamente utilizado para mejorar la estructura del suelo, estimular su actividad microbiológica, incrementar el contenido en carbono, añadiendo nitrógeno y otros nutrientes al mismo (Karaka et al., 2006; Rosal et al., 2007). Los compost de RU tienen un pH neutro a ligeramente alcalino y en suelos ácidos o ligeramente ácidos su aplicación puede incrementar positivamente el pH de estos suelos. En suelos neutros o ligeramente alcalinos no se ha encontrado variaciones del pH incluso a dosis altas; debemos tener en cuenta que el pH de los suelos condicionará la movilidad y disponibilidad de determinados nutrientes y metales pesados en los suelos. (Armienta et al., 2004; Fernández, et al., 2008; Hirzel y Salazar, 2011)

El efecto producido por estas enmiendas, es un incremento inmediato de los contenidos de materia orgánica, que van a ejercer una influencia determinante sobre los procesos de mineralización y humificación del suelo. Los compost de RU incrementan la fuente de nutrientes en los suelos, presentando cantidades importantes de nitrógeno y fósforo orgánico, otros nutrientes se encuentran fundamentalmente en forma inorgánica como el potasio y el magnesio. La aplicación de estos materiales como fertilizantes dependerá de que su aplicación se realice en función de los requerimientos nutricionales del cultivo, tanto en el tiempo como en la dosis, con el fin de minimizar las pérdidas por lixiviación en especial de nitratos, evitando fenómenos contaminantes sobre los acuíferos. (Gascho et al., 2001; Cuevas y Walter, 2004; Ruiz, 2005)

Dado que la composición de estos residuos es muy heterogénea, en función del origen y de los tratamientos previos que reciban estos materiales orgánicos, sus contenidos en metales pesados serán muy variables. El uso de dosis de enmiendas orgánicas que impliquen una aplicación de microelementos por sobre los requerimientos, generarán una acumulación tanto de ellos como de los metales pesados que a través del tiempo pueden ser tóxicos para las plantas. (Hang et al., 2000; Kabata-pendias, 2000; Naidu et al., 2003). La concentración de estos elementos en la solución suelo dependerá de una serie de procesos entre los cuales se encuentran la formación de complejos de naturaleza orgánica e inorgánica, las reacciones de oxido-reducción, de precipitación-disolución, de adsorción-desorción (Naidu et al.,

2008; Han et al., 2011; Naz et al., 2015). Al mismo tiempo, los metales en la disolución del suelo están sometidos a continuas pérdidas por lixiviación, volatilización o absorción por las plantas (Smith, 2009; Haller, 2011).

Los riesgos potenciales derivados de la aplicación de enmiendas contaminantes con metales pesados sobre la cadena trófica, van ligados a su toxicidad y persistencia en los ecosistemas. La acumulación de metales pesados en tejidos vegetales por absorción u otras formas de asociación natural, da la posibilidad de ser biodisponibles a los seres humanos y animales a través de su consumo (Friesl et al., 2006; Ruiz y Armienta, 2012). Las formas químicas, en las que se encuentren en las enmiendas orgánicas y su evolución en el tiempo una vez incorporados en el suelo, serán determinante para la movilidad de estos contaminantes y su grado de asimilabilidad por los cultivos.

Existe un creciente interés en todo el mundo por la utilización de los compost orgánicos, ya que las sustancias húmicas que se incorporan con estas enmiendas, ejercen múltiples efectos sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de las plantas, lo que contribuye notablemente en la absorción de nutrientes, estimulando la actividad enzimática y la permeabilidad de las membranas, favoreciendo la germinación, el desarrollo vegetativo y radicular, repercutiendo en un mejor rendimiento y productividad final. No sólo interesa la capacidad fertilizante que tienen estos materiales sino la utilización este recurso para mantener un nivel de producción alto, perdurable en el tiempo, sin perder su diversidad biótica ni su complejidad estructural y todo ello dentro de un equilibrio dinámico.

7.7. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es el estudio de los efectos de la aplicación del compost de residuos urbanos y de otras enmiendas orgánicas provenientes de la actividad agrícola y ganadera sobre la optimización de la producción en el cultivo de tres variedades de patata (*Solanum tuberosum* L. *Subespecie tuberosum*) que por sus características particulares de rendimiento y calidad, han sido seleccionadas a partir de los anteriores ensayos realizados en campo: Agria, Jaerla y Monalisa y un clon (Clon A7677) proveniente del cruce de dos subespecies *Solanum tuberosum subespecie tuberosum* y *Solanum tuberosum subespecie andigenum*.

Para ello se contempla evaluar su efecto a través del tiempo de

- 1.- La capacidad del compost de RU como fuente de nutrientes en tres variedades de patata (*Solanum tuberosum* L. *Subespecie tuberosum*) y un clon avanzado que por sus cualidades y rendimiento ha sido seleccionado en el capítulo anterior.
- 2.- Comparar la capacidad fertilizante del compost de RU y los compost de otras enmiendas orgánicas en variedades de patata de diferente ciclo de cultivo.
- 3.- Estudiar la influencia de la aplicación de estos compost sobre la producción, calidad y rendimiento de patata.

4.- Evaluar la incidencia que estos residuos pueden tener sobre los posibles riesgos de contaminación por metales pesados en el suelo y en el cultivo a través del tiempo.

7.8. MATERIALES EMPLEADOS

Se ha utilizado el compost de residuos urbanos procedente de la Planta de Tratamiento de RU de Valdemingomez (Madrid) y de la planta de reciclaje de RU de Villarrasa (Huelva). Los diferentes estiércoles y residuos vegetales fueron aportados por las granjas familiares, de amigos y vecinos, que se dedican a la cría de aves y de ganado vacuno y ovino, que gentilmente aportaron el material, estos proceden de las granjas avícolas y explotaciones ganaderas de Villalbilla de Burgos, Sasamón, Castrojeriz, Castrillo de la Reina, Villadiego, Villaquirán de los Infantes, Melgar de Fernamental, Covarrubias, Aranda de Duero, Quintanar de la Sierra y de una granja ganadera de Palencia.

Con respecto a los estiércoles son muy variados los factores que influyen en la cantidad producida y en el contenido de nutrientes, podemos destacar: a) tipo de ganado, condiciones en los que se encuentra la explotación y si estos se encuentran libres o estabulados, de la sanidad, salud b) alimentación, la dieta dependerá del destino que se le dé, como engorde, reproductor, exhibición ó recreación, c) De las condiciones ambientales d) del tiempo y condiciones de almacenado y si están siendo o no medicados, etc. Dependiendo del tipo de explotación y de la época del año, su humedad puede variar, la tendencia actual es desarrollar métodos de secado dentro de la propia explotación con el objeto de evitar el desprendimiento de amoníaco y de malos olores, así como hacerlo más manejable. El empleo tradicional de estos residuos ha sido su utilización como fertilizante, pero por la presencia de compuestos de lenta degradabilidad y su particular maduración ha hecho de este, un material de difícil utilización por su lenta descomposición y poca estabilidad. Tales inconvenientes pueden ser considerablemente reducidos o eliminados utilizando sistemas de compostaje que permiten revalorizar sus propiedades.

7.9. COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS

El compost de los diferentes compuestos orgánicos, fue preparado entre la primavera y verano del año anterior a la siembra, se utilizaron para ello 16 pozas de compostaje siguiendo el Método Indore modificado (Escobedo, 2011), dividiéndose en 4 pozas, para cada uno de los materiales o compost. Para realizar el compost de RU, en cada poza se mezclaron 4 capas de residuo de leguminosas (20 cm de espesor) alternadas con 4 capas de RU (10 cm de espesor), sobre cada capa de residuo se aplicó una capa de un agente estabilizante: carbonato de calcio, distribuyéndolo uniformemente sobre todo el material (un cm de espesor), finalmente sobre cada capa se aplicó 30 litros de agua, el total de agua añadida a cada poza fue de 120 litros. Se siguió el mismo procedimiento para las pozas con estiércol de vacuno siempre 4 capas

de este residuos alternados con 4 capas de residuos de leguminosas, lo mismo para las pozas de estiércol de gallina y para las de estiércol de ovino.

Finalmente se cubrieron todas las pozas con una capa delgada de residuo de leguminosa y suelo, para mantener la humedad adecuada. Se dejó una parte de la fosa sin llenar, para así facilitar el volteo. Se introdujeron varas de madera de 10 cm de diámetro, en forma vertical, en varias partes de las pozas, las cuales fueron retiradas a los dos días, a fin de que quedaran perforaciones bien distanciadas, para que proporcionaran una buena aireación al material. En cada una de las pozas se registraron la temperatura diaria con geotermómetros, a la misma hora y a diferentes profundidades. Se realizaron 3 volteos de los materiales, cuando se observó que la temperatura descendía en promedio a 30° C, lo que aseguró un buen suministro de oxígeno, se homogenizó y aceleró el proceso de transformación. Se trató de mantener la humedad del material alrededor de 50 a 60%.

El compost obtenido de los diferentes compuestos orgánicos es llevado a campo y aplicado a las parcelas según el esquema del experimento que veremos más adelante, en un suelo Typic Calciustepts (Soil Survey Staff, 2014) denominado Suelo TOBAR-TAB (Suelo A), el cual ha sido caracterizado en el capítulo IV de esta Tesis.

7.10. METODOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS Y SU ANÁLISIS

A. TOMA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

A.1. Muestras de Suelo

La toma de muestras en los experimentos de campo se realizaron de la capa arable, de los 25 a 30 cm, estos muestreos son con fines de diagnóstico, en estos primeros centímetros se reflejarán mejor los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y tuvieron que ser representativos de cada una de las parcelas, para ello se hicieron tomas en diversos puntos siguiendo un zig-zag. En cada parcela se tomaron varias submuestras y se hizo una muestra compuesta, la cual se recogió en una bolsa limpia debidamente identificada. Se utilizó un tubo muestreador, que es un tubo hueco de cabeza plana de 3 cm de diámetro y un martillo accesorio que nos ayudó a obtener la profundidad suficiente para obtener la muestra. Se llevan al laboratorio para los correspondientes análisis.

El manejo de las muestras en el laboratorio implica aplicar procedimientos para su desecación, molienda, tamizado, pesado y conservación. Se disgregan los agregados del suelo pasando un rodillo de madera, luego se tamiza la muestra pasándola por una malla de 2 mm, se desecha la parte más gruesa y se reserva la parte más fina para los análisis posteriores. Todos los análisis se han referido al peso seco del suelo, determinado en estufa a 105°C durante 24 horas

A.2. Muestras de Compost de RU y de las enmiendas orgánicas

Para tomar las muestras de cada uno de estos materiales, se tomaron varias submuestras del material compostado de cada una de las pozas de compostaje. Se tomaron aleatoriamente y de forma representativa de varios puntos de cada poza y a diferentes profundidades, correspondiendo todas estas submuestras a una muestra compuesta de cada poza, la cual fue convenientemente identificada y llevada al laboratorio para los análisis químicos respectivos. Los contenidos de humedad de las muestras frescas del compost de RU y del compost proveniente de cada uno de los enmiendas, se han determinado en estufa a 60° durante 48 horas. Las destinadas a los análisis químicos de los materiales sólidos se secan al aire, se muelen y se conservan en bolsas de plástico preservadas de la luz. Los resultados de los análisis se refieren al peso seco.

A.3. Muestras de los tubérculos

En cualquier proceso analítico los pasos más importantes son el muestreo y el pretratamiento de las muestras (Namiesnik, 2002). En la época de cosecha, según el esquema del experimento, de cada una de las parcelas se cosechó únicamente las 16 plantas de los surcos centrales las que nos servirán para realizar los análisis respectivos. De estas 16 plantas se pesaron y calibraron sus tubérculos, se eligieron al azar 4 tubérculos de cada planta, de los cuales después, se eligió una muestra representativa de toda la parcela. Se identificó las muestras correspondientes a cada parcela, las cuales fueron llevados al laboratorio donde los tubérculos fueron lavados con agua desionizada con el fin de eliminar restos de suelos que pudieran incorporar metales pesados (Burgos et al., 2007; Luis et al., 2011).

El estudio se realizó en la parte comestible de cada uno de los tubérculos correspondiente a cada parcela, para ello se obtuvieron 30 gramos de cada tubérculo fresco, troceados en pequeñas partes y depositadas en cápsulas de porcelana para estimar la humedad del tubérculo fresco y después seco en estufa de aire forzado a 60°C durante 48 horas. La muestra seca fue triturada y convenientemente molida, teniendo cuidado de limpiar el molinillo para evitar la posible contaminación entre muestras. Las muestras fueron depositadas en botes de plástico identificados y cerrado herméticamente con un tapón de rosca, los cuales fueron conservados en un lugar fresco y seco hasta su análisis.

B. FASE DE LABORATORIO. ANÁLISIS DE SUELOS, ENMIENDAS ORGÁNICAS Y MATERIAL VEGETAL

Se han analizado siguiendo los procedimientos estándar utilizados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes del Departamento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. Los métodos se describen en el Capítulo IV. Clasificación y Análisis, en 4.3.B.

7.11. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

A. UBICACIÓN Y CULTIVOS ANTERIORES.

El experimento de campo se ha desarrollado en una finca experimental de Tobar, situado en la provincia de Burgos. (Comunidad Autónoma de Castilla y León, España), ver Figura 3.1. Su altitud media sobre el nivel del mar es de 910 m y sus coordenadas geográficas son 42°29'01" Latitud Norte y 3° 56' 18" Longitud Oeste (Figura 4.1). Los cultivos anteriores, según consta en el registro de cultivos para este suelo es el siguiente:

Suelo TOBAR-TAB (SueloA) : patatas - leguminosas - descanso - descanso

B. ANÁLISIS DE SUELOS

Se ha realizado en el capítulo cuatro, una descripción y caracterización del perfil del suelo donde se han desarrollado los experimentos, ver Tabla 4.1. Los análisis físicos y químicos de este suelo se detallan en las Tabla 4.2. Las características observadas han permitido clasificar a este suelo como:

Suelo TOBAR-TAB (SueloA): Suelo **Typic Calciustepts** (Soil Survey Staff, 2014).
Suelo **Haplic Cambisols (Calcaric)** (FAO, 2006).

7.12. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Según la clasificación Agroclimática de J. Papadakis, que resulta ser la más adecuada por establecer relaciones entre zonas climáticas de la misma latitud utilizando todos los parámetros y valores climáticos necesarios para permitir conocer las zonas que son más adecuadas para los cultivos, el tipo de invierno imperante en esta zona sería el de *Avena fresco*, el tipo de verano sería el de tipo *Maíz* con alguna influencia del tipo *Triticum menos cálido* (Tabla 3.2) lo que favorecería el cultivo de

patata, por favorecer la tuberización. Considerando además el balance hídrico donde se relaciona la precipitación, la evapotranspiración potencial, el cálculo de la evapotranspiración potencial y otros parámetros, se puede observar que la zona donde se desarrollaron los experimentos se encuentra situada dentro de un régimen de humedad considerado como *Mediterráneo húmedo* (Figura 3.10). Atendiendo a todas estas características según Papadakis el tipo climático sería el *Mediterráneo templado fresco*.

7.13. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.

MATERIAL VEGETAL GENOTIPOS EN ESTUDIO

Del experimento ejecutado en el capítulo anterior, estudio comparativo de variedades y clones avanzados de patata (Capítulo VI), se han seleccionado las variedades Jaerla, Monalisa y Agria además del clon avanzado, Clon A7677, por tener una producción significativamente superior al resto de variedades, ser los más estables en rendimiento, calibre comercial, forma y tamaño de tubérculo, así como su resistencia a diferentes enfermedades.

Tabla 7.3. Cruzamientos de los genotipos en estudio.

Variedades	Progenitores	Cruzamientos subespecies
Agria	Quarta x Semlo	<i>tuberosum x tuberosum</i>
Jaerla	Sirtema x MPI 19268	<i>tuberosum x tuberosum</i>
Monalisa	Bierma A 1-287 x Colmo	<i>tuberosum x tuberosum</i>
Clon A7677	Aphrodite x CIP ICA	<i>tuberosum x andigenum</i> (stsa x PL)

stsa: *Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*. PL: Polinización libre

7.14. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño Experimental: Bloque completo al azar.
 Bloques o repeticiones: Cuatro
 Distanciamiento:

- Entre surcos : 0.90 m
- Entre plantas : 0.30 m
- Entre bloques : 1.00 m
- Ancho Parcela : 3.60 m
- Largo Parcela : 3.00 m

Tratamientos: 6 Tratamientos:

- Compost Gallinaza : CG.
- Compost Estiércol de Ovino : CO.
- Compost Residuos Urbanos : CR.
- Compost Estiércol de Vacuno : CV.
- Mineral : M.
- Testigo : T.

7.15. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO

El esquema del experimento se compone de cuatro bloques, por cada variedad, en cada uno de los bloques se encuentran los seis tratamientos que se estudian distribuidos al azar en parcelas de 3 x 3.60 m, y sobre los cuales se han estudiado los efectos de los diferentes tratamientos.

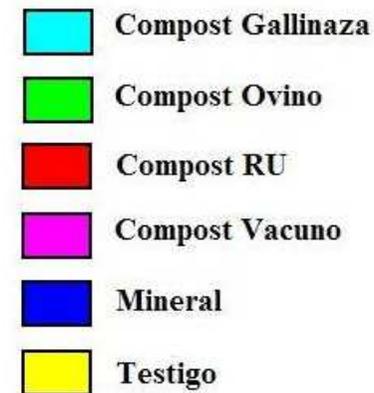
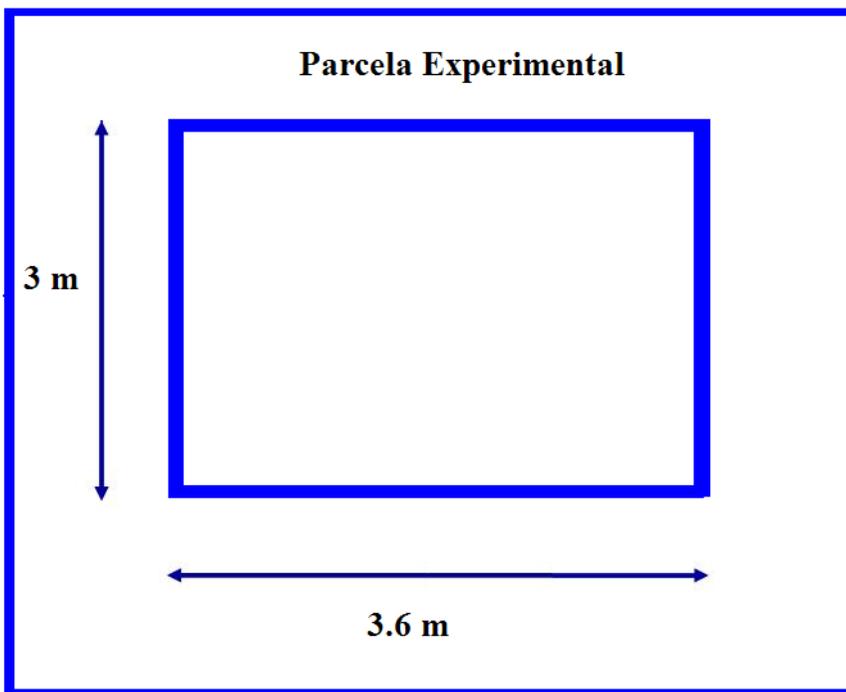
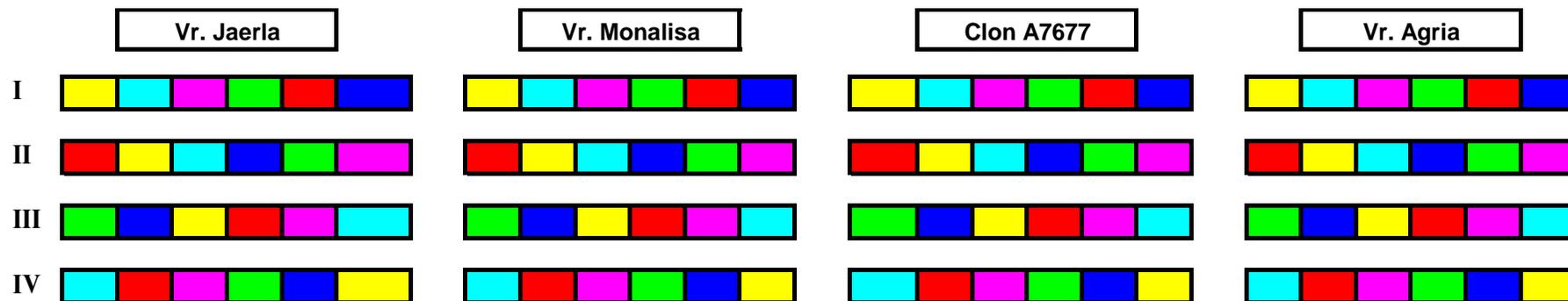
La adición de las diferentes enmiendas orgánicas se realizó antes de la siembra, siguiendo el esquema de la distribución de los tratamientos (Figura 7.4). Los compost fueron preparados el año anterior con la temperatura y humedad necesarias para que se desarrollara este proceso, siguiendo la metodología referida en el compostaje de los residuos. Se ha estudiado el efecto de los residuos aportados al cultivo de patata cada tres años iniciándose este trabajo en 1998, utilizando para ello las variedades elegidas y observando su comportamiento a través del tiempo

Como la patata es un cultivo que se debe sembrar, siguiendo un procedimiento de rotación de cultivos, hemos elegido realizarlo cada 3 años. Entonces la secuencia temporal es la siguiente se añaden las enmiendas orgánicas cada tres años en las mismas parcelas, siguiendo el esquema de distribución de los tratamientos, se cultivan las mismas variedades cada 3 años; en los años en que no se planta este cultivo, se realizan siembras de leguminosas, maíz o crucíferas, sólo se aplican las enmiendas cuando se realizan la plantación de patata, para ello se señalan las parcelas convenientemente, para que estas reciban las mismas enmiendas cada tres años.

Los tratamientos estudiados fueron: Un fertilizante mineral (M), compost de Residuo urbano (RU), compost de Gallinaza (CG), Compost de ovino (CO) y compost de vacuno (CV), y un testigo (T) sin nada de fertilización ni enmienda orgánica. La dosis utilizada para cada una de las enmiendas orgánicas fue de 23 t ha⁻¹, que corresponden a las cantidades habituales de aplicación para este cultivo. Estos tratamientos se aplicaron en cada uno de los experimentos, en cada año de estudio. El riego empleado fue el de riego por goteo. Como en el enfoque particular de esta investigación era valorar el efecto de las enmiendas orgánicas, se trató de que no hubiese ninguna interacción con ningún otro producto químico, no se realizó ninguna clase de control entomológico ni fitopatológico. Se probaron además la siembra de algunas plantas barrera contra plagas, insertándose esta investigación en la denominada agricultura biológica o bioagricultura.

El tratamiento con fertilización mineral fue estudiada para este campo, después de unos ensayos de abonamiento realizados el año anterior, con diferentes

dosis de NPK, se eligió la formula de 260-160-100 de N, P₂O₅ y K₂O. El 50% de nitrógeno, todo el fósforo y el potasio se aplicó a la siembra, el resto del nitrógeno se aplicó al momento del aporque. No se utilizaron fuentes orgánicas ni abonamientos suplementarios. Todos los tratamientos fueron comparados con el suelo sin abonar (control)



7.4. Esquema de la Distribución de los Tratamientos en el Experimento de Campo. Distribución de Bloques.

La plantación fue realizada a mano al finalizar la primera quincena de Abril, porque las condiciones climáticas son las más adecuadas, con el distanciamiento de 0.30m entre tubérculos-semilla y 0.90 m entre surcos. La cantidad del material vegetal empleado para esta densidad, con tubérculos enteros de calibre comercial de semilla (40-50 mm) fue de 10 tubérculos-semilla por surco y 40 por parcela, con la que se obtendrían 37000 plantas por hectárea aproximadamente.

7.16. COSECHA Y CLASIFICACIÓN

La cosecha se realizó en forma manual, la recolección es una de las operaciones más delicadas en el cultivo de la patata. Para cosechar se esperó a la madurez fisiológica de las planta, entonces el criterio agronómico utilizado para la recolección ha sido la duración de su ciclo de cultivo que es el número de días que transcurren desde la siembra hasta que se alcanza el estado idóneo para la recolección.

Para evitar el efecto de borde, se cosecharon solamente los dos surcos centrales de cada parcela y se pesaron los tubérculos, luego se obtuvo el rendimiento por parcela, de cada una de las enmiendas utilizadas, obteniéndose las cuatro repeticiones de cada variedad por tratamiento. Se procedió a la clasificación de los tubérculos, por variedad en cada repetición, según el calibre. Con los pesos obtenidos se elaboraron las tablas de rendimientos y porcentaje por categorías. Se realizó el análisis estadístico de los rendimientos para establecer las diferencias entre las variedades por tratamiento.

En cada año se ha realizado la toma de muestras de suelos al final de la campaña, después de la cosecha. Se realizaron las características analíticas de las enmiendas orgánicas y del suelo. Se realizaron los análisis químicos y nutricionales, además de medir los metales pesados incorporados al sistema. Sobre los tubérculos se han determinado los contenidos totales de metales pesados y los principales macronutrientes.

7.17. EVALUACIONES DEL CRECIMIENTO Y TUBERIZACIÓN

Durante el experimento se evaluaron los siguientes parámetros:

En Plantas

- Número de plantas emergidas
- Número de tallos principales por planta
- Peso fresco de la parte aérea en forma puntual.

En Tubérculos

- Peso fresco de tubérculos por planta.
- Número de tubérculos por planta
- Clasificación según peso en cosecha

Se siguió la misma metodología para la evaluación de los parámetros que en el capítulo VI, se determinó el porcentaje de plantas emergidas, el peso fresco de la parte aérea se hizo puntualmente a los 105 días para los genotipos Jaerla, Monalisa y Clon A y a los 120 días para la variedad Agria, gracias a las curvas de crecimiento de follaje, patrones de crecimiento de PFF, realizados para cada variedad en el capítulo anterior. Se realizó la cosecha de los tubérculos, se contó el número y el peso fresco de los tubérculos por planta de los surcos centrales evitando el efecto de borde, obteniéndose luego de calibrarlos, el peso por parcela de cada uno de los tratamientos.

7.18. ANALISIS ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron con el programa estadístico informático SAS 9, a una probabilidad estadística de 0.001. Para el análisis estadístico de los experimentos se utilizó el análisis de varianza y las pruebas escogidas para realizar la comparación entre medias de los tratamientos de las variables evaluadas, fueron las pruebas de Duncan y Tukey.

7.19. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Describiremos en este apartado, los materiales empleados, se analizarán las características del suelo y de los compost orgánicos utilizados, este análisis previo nos proporcionará información fundamental a fin de conocer su potencial como fertilizante y de los posibles riesgos por contaminación.

- **CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DEL SUELO**

Se ha realizado en el capítulo cuatro una descripción y caracterización del perfil de este suelo donde se han desarrollado los experimentos (Tabla 4.1). Los análisis físicos y químicos de estos suelos se pueden observar en las Tablas 4.2. Un resumen de las principales características de este suelo se presentan en la Tabla 6.6, que corresponde al Suelo TOBAR-TAB (Suelo A), del análisis de estas características podemos decir que se ha formado a partir de sedimentos coluvio-aluviales, es un suelo profundo, de estructura granular media a fina y de textura franca favorable para el desarrollo de este cultivo, de pH ligeramente alcalino en los tres primeros horizontes, con una alta saturación de bases y presencia de un horizonte de acumulación de carbonato de calcio a 20 cm de profundidad, indicando la presencia de un horizonte cálcico. Los contenidos de materia orgánica y de nitrógeno son bajos, lo que puede ser limitante para el mejor aprovechamiento de los nutrientes por la planta. Los valores de conductividad eléctrica son bajos, no existiendo riesgo fitotóxico para el cultivo. Al ser los contenidos de nitrógeno bajos y contrastar con valores de fósforo y potasio

asimilables altos, podemos decir que estamos ante un suelo de fertilidad media. Los cationes intercambiables como el calcio y el potasio son altos pero el contenido de magnesio es bajo, los contenidos de hierro y manganeso están dentro de los niveles considerados como óptimos, los contenidos de zinc y cobre se encuentran en valores deficitarios para el cultivo.

7.20. CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DE LOS COMPOST

Las características analíticas de las enmiendas orgánicas empleadas se ven reflejadas en las Tablas 7.4 para el compost de Residuos urbanos-residuos de leguminosa (CR).

Tabla 7.4. Principales características analíticas de los compost de RU aplicados al suelo en los años del estudio

	1998	2001	2004	2007	2010	2013
Cenizas (g kg ⁻¹)	690	683	703	658	708	711
pH (H ₂ O)	8.1	8.1	7.4	7.8	7.6	8.3
C.E.(dS m ⁻¹)	4.8	3.3	3.4	5.6	4.8	4.9
N (g kg ⁻¹)	18.9	19.3	21.3	23.3	18.7	18.4
Carbono orgánico total (g kg ⁻¹)	170	154	194	210	177	147
Relación C/N	8.9	7.9	9.1	9.0	9.4	7.9
Macronutrientes totales (g kg ⁻¹)						
P	4.7	4.3	4.8	7.9	4.8	4.4
K	6.9	7.4	6.3	7.8	6.3	4.1
Ca	46.4	48.6	44.4	73.6	71.6	68.4
Mg	1.8	1.7	1.3	3.4	3.8	4.3
Na	3.1	2.6	0.8	1.3	1.1	0.7
Metales Pesados (mg kg ⁻¹)						
Fe	14787	13361	9874	15889	15448	15489
Mn	250	263	291	468	353	306
Zn	718	694	706	203	197	200
Cu	468	448	307	110	124	108
Pb	399	316	210	108	120	123
Cd	1	<0.2	1	<0.2	<0.2	<0.2
Cr	136	128	213	76	63	68
Ni	124	104	81	86	60	68

Las características analíticas de las enmiendas orgánicas compostadas con estiércol de vacuno-residuo de leguminosa (CV), se ven reflejadas en las Tablas 7.5

Tabla 7.5. Principales características analíticas de los compost de estiércol de vacuno-residuo de leguminosa, aplicado al suelo en los años del estudio

	1998	2001	2004	2007	2010	2013
Cenizas (g kg ⁻¹)	623	687	711	740	630	780
pH (H ₂ O)	8.8	8.1	8.6	8.4	8.1	8.3
C.E.(dS m ⁻¹)	5.6	5.8	6.9	6.6	6.3	5.8
N (g kg ⁻¹)	16.4	16.6	15.3	14.7	15.6	18.8
Carbono orgánico total (g kg ⁻¹)	171	160	143	128	151	164
Relación C/N	10.4	9.6	9.3	8.7	9.7	8.7
Macronutrientes totales (g kg ⁻¹)						
P	1.1	1.3	2.3	2.9	2.1	1.9
K	3.1	3.3	3.2	16.6	14.7	16.8
Ca	7.7	7.4	7.8	19.8	11.9	18.6
Mg	1.1	1.1	1.2	3.8	3.3	3.9
Na	0.6	0.8	0.4	1.6	0.9	1.1
Metales Pesados (mg kg ⁻¹)						
Fe	2023	2827	1897	2993	1266	2446
Mn	203	284	288	284	289	283
Zn	71	78	86	133	87	64
Cu	144	193	213	64	66	77
Pb	2.7	2.8	3.3	3.4	3.3	3.1
Cd	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Cr	63	65	67	70	59	70
Ni	25	28	24	18	23	17

Las características analíticas de las enmiendas orgánicas compostadas con estiércol de gallina-residuo de leguminosa (CG), se ven reflejadas en las Tablas 7.6.

Tabla 7.6. Principales características analíticas de los compost de estiércol de gallina-residuo de leguminosa, aplicado al suelo en los años del estudio

	1998	2001	2004	2007	2010	2013
Cenizas (g kg ⁻¹)	628	634	711	729	698	741
pH (H ₂ O)	6.8	6.7	6.4	6.9	6.8	6.7
C.E.(dS m ⁻¹)	5.7	5.8	6.3	4.8	4.3	4.8
N (g kg ⁻¹)	17.4	20.4	29.6	38.9	28.4	33.6
Carbono orgánico total (g kg ⁻¹)	184	178	287	331	231.7	291.3
Relación C/N	10.6	8.6	9.7	8.5	8.2	8.7
Macronutrientes totales (g kg ⁻¹)						
P	4.1	3.3	3.8	6.3	5.1	4.4
K	2.6	2.4	2.8	4.9	4.1	3.8
Ca	3.4	7.6	6.8	8.7	6.6	5.1
Mg	2.9	2.3	2.8	3.9	3.1	2.8
Na	0.6	0.4	0.3	0.5	0.6	0.3
Metales Pesados (mg kg ⁻¹)						
Fe	4900	3871	4300	5489	5997	4857
Mn	267	294	290	274	291	336
Zn	79	69	46	40	58	46
Cu	29	40	51	43	48	54
Pb	4	3.6	4	14.9	4	3.6
Cd	<0.2	<0.2	1.0	<0.2	<0.2	<0.2
Cr	23	26	31	24	36	40
Ni	9	49	54	21	20	23

Las características analíticas de las enmiendas orgánicas compostadas con estiércol de ovino-residuo de leguminosa (CG), se ven reflejadas en la Tabla 7.7 .

Tabla 7.7. Principales características analíticas de los compost de estiércol de ovino-residuo de leguminosa, aplicado al suelo en los años del estudio

	1998	2001	2004	2007	2010	2013
Cenizas (g kg ⁻¹)	687	704	721	698	713	716
pH (H ₂ O)	7.8	7.3	7.8	7.6	7.7	7.7
C.E.(dS m ⁻¹)	4.3	5.4	6.1	2.8	3.3	2.9
N (g kg ⁻¹)	10.3	11.3	9.87	11.23	10.6	10.9
Carbono orgánico total (g kg ⁻¹)	100	101	96	110	104	101
Relación C/N	9.7	9.0	9.7	9.8	9.8	9.3
Macronutrientes totales (g kg ⁻¹)						
P	1.3	1.2	1.1	1.1	1.4	1.3
K	2.8	2.9	2.6	3.3	2.8	3.1
Ca	7.8	5.8	7.6	9.1	7.8	6.4
Mg	1.6	0.8	0.9	0.9	1.1	0.8
Na	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3
Metales Pesados (mg kg ⁻¹)						
Fe	3413	3024	4303	6948	4354	3659
Mn	283	316	221	306	289	290
Zn	63	68	184	97	123	108
Cu	51	54	63	68	50	58
Pb	12	8	13	6.1	7	11
Cd	<0.2	1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Cr	21	19	21	18	19	20
Ni	26	23	33	26	20	21

7.21. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTAS

Porcentaje de plantas emergidas

El porcentaje de emergencia de los tubérculos-semilla fue tomado en campo a los 30 días después de la plantación, fue muy buena durante todos los años en todas las parcelas experimentales y en todos los tratamientos en estudio, obteniéndose un promedio de 96% de emergencia. Siendo mejor en las variedades semitempranas con un 98.6%. Hubo uniformidad en el tiempo de emergencia de plantas de cada variedad, pero no entre variedades. La diferencia en la emergencia entre variedades precoces y semitempranas, puede deberse a la madurez fisiológica, aunque se procuró que las semillas estuvieran en fase de brotamiento múltiple en el momento de la plantación.

La edad fisiológica se refiere principalmente al proceso de desarrollo de los brotes, lo que depende de la edad cronológica de los tubérculos, como de las condiciones ambientales. Aunque se han desarrollado muchos esfuerzos en desarrollar marcadores de edad fisiológica de los tubérculos, basándose especialmente en datos biofísicos, fisiológicos o bioquímicos. El concepto de Índice de Madurez Fisiológica (IMF), propuesto por Caldiz et al., (2001) y mejorado por Delaplace et al., (2008), es el que mejor se adapta para explicar las diferencias en la edad de los tubérculos, el cual parece tener un gran efecto sobre el patrón de crecimiento de los brotes, pero la base es genética. A su vez esta edad fisiológica está fuertemente influenciado por las condiciones de cultivo, condiciones de almacenamiento y duración del período de almacenamiento (De Stefano et al., 2006; Alexopoulos et al., 2008).

Aunque la edad fisiológica de los tubérculos al momento de la plantación fue la correcta, se observó una disminución en los porcentajes de emergencia en las parcelas que recibieron compost de residuos urbanos en la Variedad Agría y Monalisa a partir del año 2004, y en la variedad Jaerla y el Clon A7677 a partir del año 2007, aunque hubo un brotamiento uniforme de las plantas esta ocurrió a los 46 días, y su porcentaje de emergencia se vio reducido a un 90%.

B. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PATATA POR AÑO.

Los compost se encuentran ampliamente utilizados para mejorar la estructura del suelo, estimular su actividad microbiológica, incrementar el contenido en carbono, añadir nitrógeno y otros nutrientes (karaka, et al.2006, Rosal et al.,2008), el efecto producido por estas enmiendas es un incremento inmediato de los contenidos de materia orgánica que ejercerán una influencia determinante sobre los procesos de mineralización y humificación del suelo, presentando cantidades importantes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) orgánico y otros nutrientes (Hirzel y Salazar,

2011). Dado que la composición de estos residuos es muy heterogénea, en función del origen y de los tratamientos previos que reciban, estos materiales residuales pueden contener concentraciones de microelementos y metales pesados que podrían constituir un riesgo de contaminación para el sistema si se acumulan (Williams, et al., 1980; Chang, et al, 1984; Witte, H., 1988; Smith 2009; Haller, 2011) e incluso para el hombre pudiendo pasar a la cadena alimentaria. A continuación evaluaremos el efecto de los tratamientos en el cultivo de patata por cada año del estudio.

Año 1998. Efecto de los tratamientos sobre el Rendimiento de cultivo de patata.

Los valores promedio se encuentran representados en la Figura 7.5, donde se observa el efecto de las enmiendas orgánicas y la fertilización mineral sobre el cultivo de las variedades seleccionadas en la anterior campaña. Se advierte diferencias altamente significativas entre los tratamientos en estudio ($p < 0.01$).

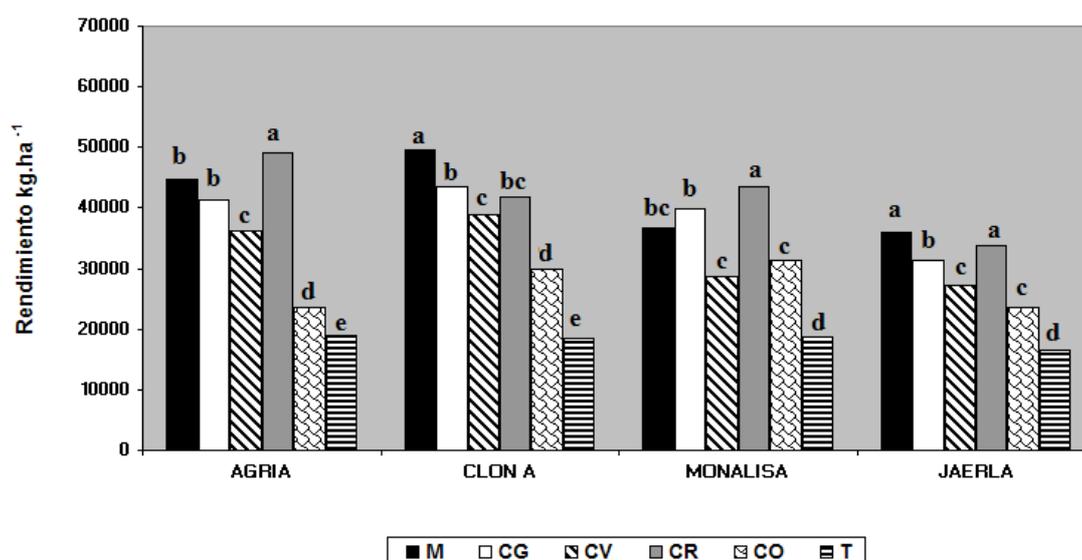


Figura 7.5. Efecto de las enmiendas orgánicas y mineral sobre los rendimientos de las variedades (Año 1998). Valores con diferente letra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$)

El compost de residuos urbanos (CR) influyen positivamente en los rendimientos de la variedad Agria y Monalisa llegando a obtenerse rendimientos de 49 y 47 t ha⁻¹ respectivamente, en el clon A7677 (43 t ha⁻¹) y en la variedad Jaerla se logra producciones de 34 t ha⁻¹. El fertilizante mineral favorece positivamente al clon A7677 y a la variedad Jaerla con rendimientos de 50 y 36 t ha⁻¹ respectivamente, ligeramente superiores a los proporcionados por el tratamiento con CR.

Año 2001. Efecto de los tratamientos sobre el Rendimiento de cultivo de patata.

En esta segunda campaña, se aplican las mismas enmiendas orgánicas a las parcelas, observamos una alta diferencia significativa ($p < 0.01$) entre los tratamientos en estudio (Figura 7.6), todas las variedades han superado los rendimientos obtenidos en la campaña anterior. La influencia de las enmiendas orgánicas en el rendimiento obtenido por las variedades en estudio supera con creces a la fertilización mineral en las variedades Agria, Monalisa y el Clon A7677, con rendimientos de 67, 53 t ha⁻¹ respectivamente, obtenidas con el tratamiento CR, sin embargo la variedad Jaerla, obtiene rendimientos de 49 t ha⁻¹ con el compost de gallinaza (CG), superando ligeramente a los rendimientos obtenidos con CR (47 t ha⁻¹), no existiendo diferencias estadísticas significativas entre los rendimientos obtenidos con los tratamiento CG y CR.

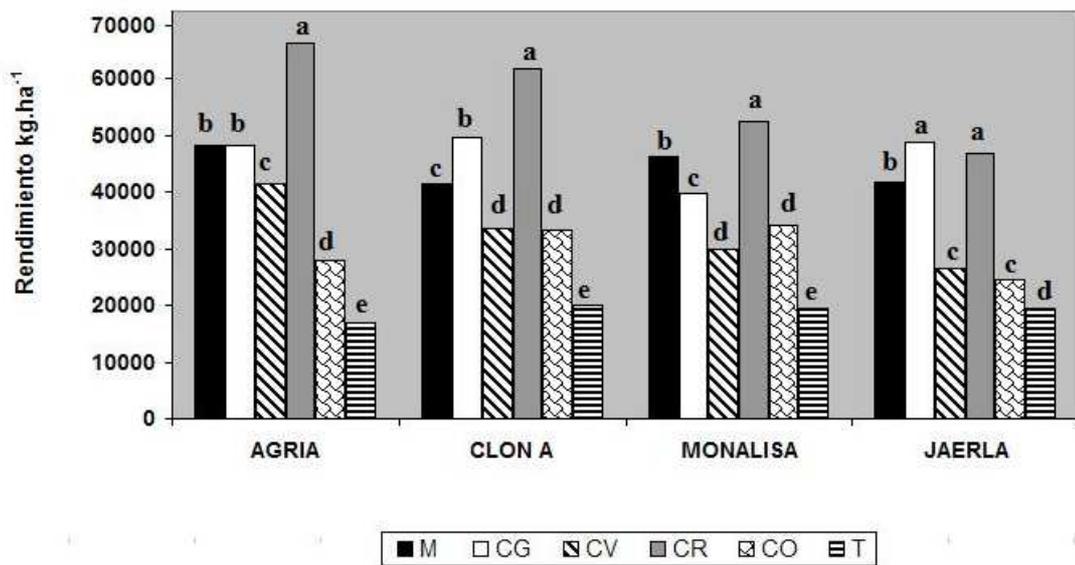


Figura 7.6. Efecto de las diferentes enmiendas orgánicas y fertilizante mineral sobre los rendimientos de las variedades seleccionadas (Año 2001). Valores con diferente letra indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$)

El clon A7677 (63 t ha⁻¹), se beneficia de un incremento de rendimiento de casi 20 toneladas por hectárea con respecto a la campaña anterior (43 t ha⁻¹), con el tratamiento CR; es un clon fruto de dos subespecies *tuberosum* y *andigenum* de diferente procedencia, una americana y la otra europea, por ello recibe nuestra especial atención al adaptarse muy bien a las condiciones imperantes en la zona, supera a los rendimientos que obtiene con el CG (50 t ha⁻¹) y a la aplicación del

fertilizante mineral (41 t ha^{-1}), obteniendo rendimientos muy similares cuando se aplican al medio compost de vacuno y de ovino, con rendimientos de 33.64 y 33.43 t ha^{-1} , respectivamente.

Año 2004. Efecto de los tratamientos sobre el Rendimiento de cultivo de patata.

Se observa una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) entre las variedades en los diferentes tratamientos en estudio (Figura 7.7). Bajo el tratamiento con CR es el clon A7677 el que sobresale por su alto rendimiento (70 t ha^{-1}) destacando entre todas las variedades y en todos los tratamientos en estudio.

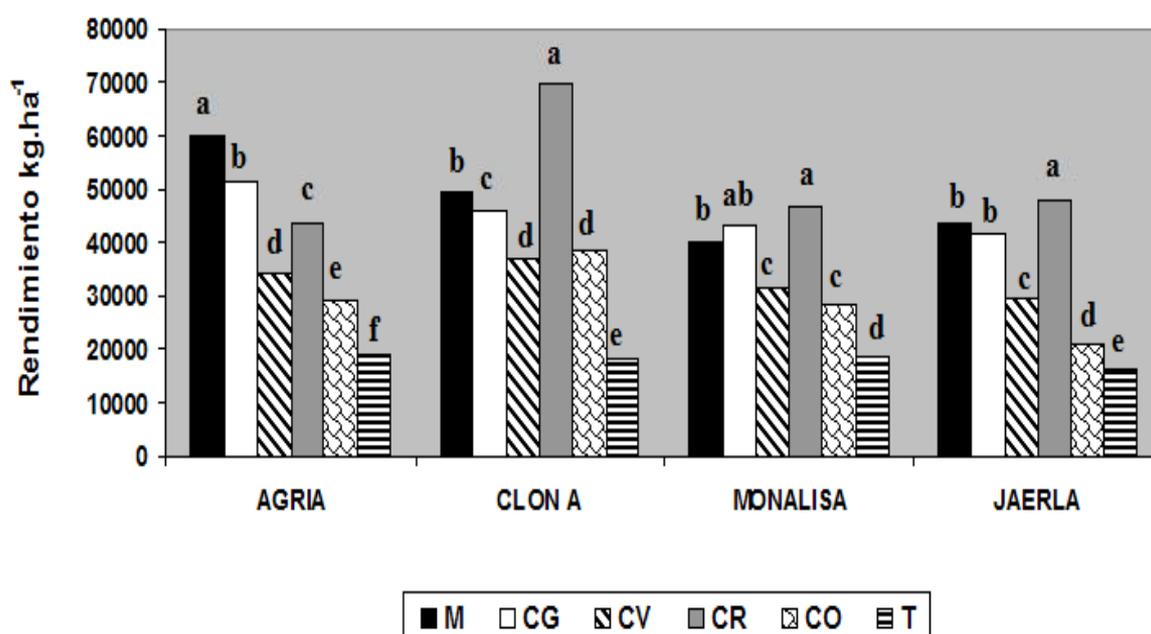


Figura 7.7. Efecto de las diferentes enmiendas orgánicas y fertilizante mineral sobre los rendimientos de las variedades seleccionadas (Año 2004). Valores con diferente letra indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$).

En las variedades Monalisa y Jaerla se advierte también altos rendimientos obtenidos al ser abonados con CR, de 47 y 48 t ha^{-1} , respectivamente. En la variedad Agria (44 t ha^{-1}) sin embargo se observa una declinación importante en sus rendimientos de 23 t ha^{-1} con respecto a la campaña anterior, es con la fertilización mineral con la que logra un rendimiento 60 t ha^{-1} superando a los otros tratamientos en estudio. No existe diferencias significativas ($p < 0.01$), en el rendimiento proporcionado por los tratamientos con compost de vacuno (CV) y compost de ovino (CO) en las variedades Monalisa y Clon A.

Año 2007. Efecto de los tratamientos sobre el Rendimiento de cultivo de patata.

Las variaciones en el rendimiento son altamente significativas entre las variedades bajo los tratamientos en estudio, se observa que el fertilizante mineral y el CG son los que obtienen los mejores rendimientos en la variedad Agria y en la variedad Monalisa. En la variedad Agria por segunda temporada consecutiva se obtiene los mejores rendimientos con el fertilizante mineral (62 t ha^{-1}) superando a los otros tratamientos en estudio, al igual que la variedad Monalisa que alcanza a rendir 54 t ha^{-1} . El Clon A y la variedad Jaerla son las que se benefician con los aportes de nutrientes del CG con rendimientos que son casi similares, de 49 y 50 t ha^{-1} .

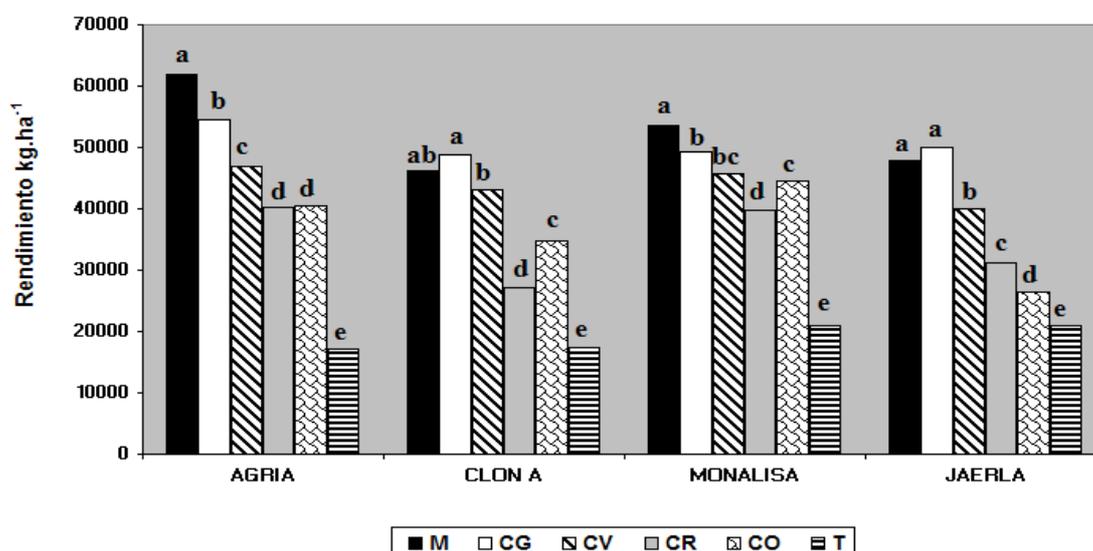


Figura 7.8. Efecto de las diferentes enmiendas orgánicas y fertilizante mineral sobre los rendimientos de las variedades seleccionadas (Año 2007). Valores con diferente letra indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$).

Es destacable señalar que en este año no se advierte que las aplicaciones del CR, sean mejores que las otras enmiendas orgánicas, como lo fueron en las temporadas pasadas, el Clon A frente a este compuesto refleja unos rendimientos mas bien bajos (27 t ha^{-1}), con rendimientos menores que los alcanzados con el compost de ovino (35 t ha^{-1}) o el de vacuno con rendimientos de 43 t ha^{-1} . En las otras variedades también se observa una disminución en los rendimientos.

Año 2010. Efecto de los tratamientos sobre el Rendimiento de cultivo de patata.

Las producciones obtenidas en este año muestran una gran variabilidad, debido a los tratamientos aplicados, se realizan las mismas aplicaciones de las mismas enmiendas en las parcelas correspondientes (Fig. 7.9). La Variedad Agría, el clon A7677 y la variedad Jaerla se ven influenciados positivamente ($p < 0.01$) con las aplicaciones del tratamiento CG, obteniendo producciones de 59, 53 y 43 t ha⁻¹ respectivamente, la variedad Monalisa sin embargo lo obtiene con la fertilización mineral obteniendo una producción de 49 t ha⁻¹, rendimientos que son menores a las otras variedades en estudio que se vieron beneficiadas por el CG.

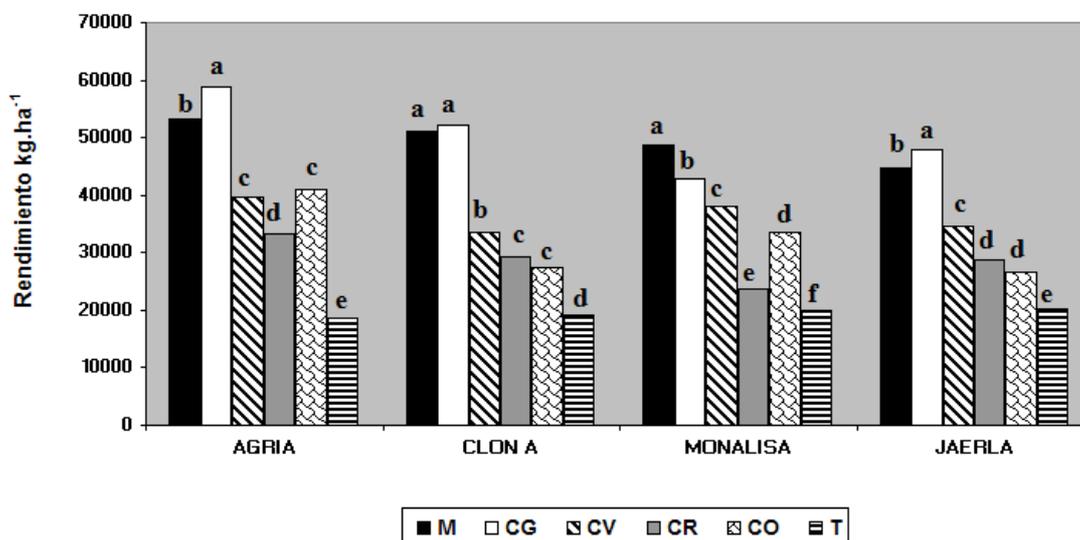


Figura 7.9. Efecto de las diferentes enmiendas orgánicas y fertilizante mineral sobre los rendimientos de las variedades seleccionadas (Año 2010). Valores con diferente letra indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$).

El tratamiento con fertilización mineral es el que proporciona los nutrientes necesarios para que en este año se obtengan buenos rendimientos, los que menos los tratamientos con CO en la Variedad Jaerla y el Clon A7677.

Año 2013. Efecto de los tratamientos sobre el Rendimiento de cultivo de patata.

La adición del compost de gallinaza fue muy significativa ($p < 0.01$) favoreciendo el incremento de los rendimientos en todas las variedades, el Clon A es el que supera a las otras variedades con producciones de 57 t ha⁻¹, le siguen las variedades Agría, Monalisa y variedad Jaerla con rendimientos de 54, 50 y 43 t ha⁻¹ respectivamente. Se observa una notable disminución de los rendimientos en todas las

variedades en estudio cuando se les aplicó compost de residuos urbanos, rendimientos que estuvieron muy por debajo de los rendimientos obtenidos por los testigos.

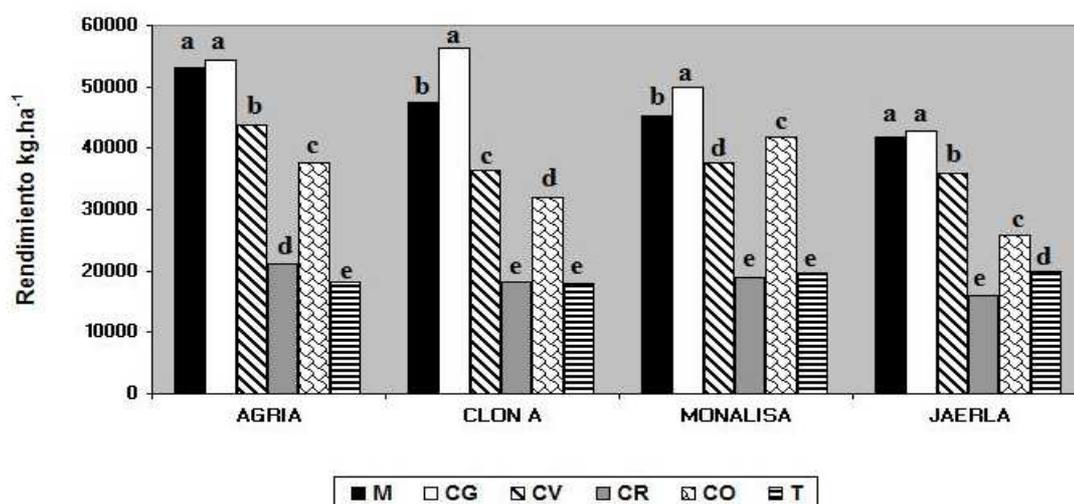


Figura 7.10. Efecto de las diferentes enmiendas orgánicas y fertilizante mineral sobre los rendimientos de las variedades seleccionadas (Año 2013). Valores con diferente letra indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$).

La producción obtenida por las variedades que llegaron a desarrollarse bajo la influencia del compost de vacuno y ovino en todas las variedades en estudio superaron a las que fueron tratadas con el CR.

El proceso de compostaje de los estiércoles se ve beneficiado al ser mezclado con un material rico en nitrógeno como son los residuos de las leguminosas, estos compost han resultado de una gran influencia para el crecimiento y desarrollo de estos cultivos a lo largo del tiempo del desarrollo del experimento, lo que ha favorecido la disponibilidad de nutrientes que de otra forma igual no hubiesen estado al alcance de estos cultivos.

C. EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS EN EL CULTIVO DE PATATA.

Año 1998 -2013. Evolución de los rendimientos en diferentes variedades de patata ante la aplicación del compost de residuos urbanos y otras enmiendas orgánicas.

La evolución de los valores promedio de los rendimientos obtenidos en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y el Clon A7677, bajo el efecto de diferentes enmiendas orgánicas y la fertilización mineral se pueden observar en la Figura 7.11, donde es posible advertir diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los diferentes tratamientos en estudio en las diferentes variedades de patata, se percibe

claramente un incremento significativo en los rendimientos con respecto al tratamiento testigo. El primer año la variedad Agría y la variedad Monalisa se ven beneficiadas con el CR al lograr rendimientos de 49 y 47 t ha⁻¹ respectivamente, sin embargo el Clon A y la variedad Jaerla, lo obtienen con la fertilización mineral con rendimientos de 50 y 36 t ha⁻¹ respectivamente.

Las diferencias más resaltantes se observan con el Compost de residuos urbanos (CR), cuyo tratamiento proporcionó los mayores rendimientos en el año 2001 para todos los genotipos con rendimientos mucho mayores que los obtenidos en la campaña anterior. Durante el año siguiente año 2004 se contempla una disminución muy significativa en los rendimientos de las variedades Agría (44 t ha⁻¹) y Monalisa (47 t ha⁻¹), pero no con el Clon A (70 t ha⁻¹) ni con la variedad Jaerla (48 t ha⁻¹), donde sus rendimientos superan a las otras variedades y tratamientos en estudio. El año 2007 se distingue una declinación de los rendimientos en todas las variedades bajo los efectos del CR, pero muy abrupta en el caso del Clon A, donde los rendimientos descendieron de 70 a 27 t ha⁻¹ en comparación a las mismas variedades bajo el efecto de las otras enmiendas orgánicas. Para los años 2010 y 2013 se contempla un gran descenso de los rendimientos en los tratamientos con este compuesto hasta llegar a proporcionarnos rendimientos mucho menores que las parcelas testigo. En este mismo año las variedades Agría y Monalisa adquieren sus mejores rendimientos con el fertilizante mineral seguido muy de cerca por el tratamiento de CG, en las variedades Jaerla y el clon A7677 es con el tratamiento de CG, quien les proporciona los nutrientes necesario para que nos den sus mejores rendimientos casi 50 t ha⁻¹, en cada uno de estos genotipos.

Se observa que el Clon A7677, es el que brinda los mejores rendimientos y que su desarrollo se ve muy beneficiado con el CG en los años 2001, 2007, 2010 y 2013 en cuatro de las seis campañas en estudio, que en los años 1998 y 2004, los resultados presentados indican que sus rendimientos fueron muy similares a los obtenidos con la fertilización mineral. Este Clon se ha adaptado muy bien a las condiciones ambientales imperantes de suelo y clima y logra muy buenos resultados, con las enmiendas orgánicas proporcionadas. Los rendimientos obtenidos con el compost de vacuno (CV) y el compost de ovino (CO) fueron también muy similares, superiores a los tratamientos control, a través del tiempo. Por lo tanto el uso de estos compuestos resulta una fuente de fertilización alternativa sólo superada por el compost de gallinaza.

En la Variedad Agría se observa también que los mejores rendimientos los logra durante los años 1998 y 2001, con el CR, luego estos rendimientos declinan a través del tiempo, hasta darnos rendimientos parecidos a los que nos proporcionaron las parcelas testigo. Al igual que en el caso del Clon A, los mejores rendimientos se logran durante los años 2004 y 2007 con la fertilización convencional, pero los años 2010 y 2013 son mejoradas con los rendimientos que nos proporcionan al estar influenciados con el compost de gallinaza, la entrega de nutrientes que nos proporciona este compost afectó positivamente al rendimiento de la Variedad Agría, por lo que el uso de esta fuente de fertilización orgánica frente a la alternativa de una fertilización convencional debería ser tomada en cuenta.

En el caso de la variedad Monalisa se observa que durante los años 1998, 2001 y 2004, sus rendimientos más llamativos los obtiene, tomando como fuente de fertilización orgánica la proporcionada por el CR, luego hay una declinación de estos

rendimientos en los años 2007 donde se reducen por debajo de cualquier otra fuente de fertilización, llegando a obtener rendimientos de 40 t ha^{-1} , aún superiores que el testigo que nos proporcionó 21 t ha^{-1} , es durante los años 2010 y 2013 que estos rendimientos llegan a compararse con las parcelas testigo. Durante estos últimos años esta variedad logra rendimientos mucho mejores con el CG y el fertilizante mineral.

En la variedad Jaerla se advierte también un aumento de los rendimientos con el tratamiento CR entre los años 1998 y 2004, luego existe una declinación de estos rendimientos hasta llegar en el 2013 a ser menores que los del tratamiento testigo. Entre los años 2007 y 2013 los tratamientos con CG proporcionan rendimientos que son exclusivamente mejores que los obtenidos con la fertilización mineral, en las condiciones edafoclimáticas en las cuales se realizó este experimento. Por lo tanto el uso de compost de gallinaza resulta y constituye una fuente de fertilización alternativa que puede ser empleada en el cultivo de patata.

D. CONTENIDO EN NUTRIENTES DE LOS COMPOST.

La aplicación de los compost de residuos ha incrementado de manera significativa los rendimientos de las variedades de patata, al mejorar la estructura del suelo, estimular la actividad microbiológica (Parkinson et al, 1999; Rosal, 2007; incrementando la disponibilidad de nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos.

CONTENIDO EN MACRONUTRIENTES

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de nitrógeno en los tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y el clon A7677

En la Figura 7.12, se puede observar la evolución de los valores promedio en el contenido de Nitrógeno (g kg^{-1}) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677, tras el tratamiento con los diversos abonos orgánicos y la fertilización mineral sobre el cultivo. Se advierten diferencias significativas ($p < 0.01$) en el contenido de Nitrógeno en las cuatro variedades de patata en comparación al testigo. Al inicio del estudio, el contenido de Nitrógeno (N) oscilaba entre 4 y 5 g kg^{-1} (1998) y al final del experimento fluctuaba entre 5 y 8 mg kg^{-1} (2013).

Se puede observar que el N ha mostrado diferentes respuestas entre los tratamientos, siendo las dosis de compost de residuos urbanos los que ha supuesto mayores incrementos sobre el contenido de este nutriente en los tubérculos de las variedades Agria y Jaerla a través del tiempo. En la variedad Monalisa y el Clon A7677, este contenido en los tubérculos es proporcionado en mayor medida por el tratamiento de CG en algunos años y por el tratamiento de CR en otros años.

Mientras que en las variedades Agria y en el clon A7677 se observa curvas ascendentes en la concentración del contenido de N, en las variedades Monalisa y Jaerla, la concentración en el contenido de N es más bien sostenido, sin diferencia significativa entre los tratamientos administrados. Si observamos las características

analíticas de estos compost de CR y de CG (Tablas 7.4 y 7.6) nos daremos cuenta que correspondían a valores muy significativos de nitrógeno proporcionados en mayor medida por estas dos fuentes.

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Fósforo en tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677.

En la Figura 7.13, se puede observar la evolución de los valores promedio en el contenido de Fósforo (g kg^{-1}) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677, tras el tratamiento con los diversos abonos orgánicos y la fertilización mineral sobre el cultivo. Se advierten diferencias significativas ($p < 0.01$) hacia un incremento en el contenido de Fósforo (P) en las cuatro variedades de patata en comparación al testigo.

Entre los años 1998 y 2007 se observan incrementos de P en las variedades Agria y Monalisa, entre las campañas 2007 y 2013 los incrementos más notables en las variedades Agria, Monalisa y Jaerla son con el tratamiento de CG.

En estas mismas variedades, el contenido de P en los tubérculos ha disminuido tras el tratamiento de CR entre el 2007 y 2013, en comparación sobre todo con el CG y el fertilizante mineral.

En todas las variedades, se observó un menor incremento en el contenido de P tras el tratamiento con fertilización mineral, aunque en todos los casos por encima de los tratamientos con CV y CO. En todas las variedades, el incremento fue sostenido por encima del testigo tras el tratamiento con CV. Mientras que en las variedades Jaerla y clon A7677, tras el tratamiento con CO el incremento fue menor y en algunos casos se traslapa con el contenido de P de los tubérculos obtenidos en las parcelas testigo en las variedades Agria y Monalisa.

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Potasio en tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677.

En la Figura 7.14, se puede observar la evolución de los valores promedio en el contenido de Potasio (g kg^{-1}) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677, tras el tratamiento con los diversos abonos orgánicos y la fertilización mineral sobre el cultivo. Se advierten diferencias significativas ($p < 0.01$) en el contenido de Potasio (K) en las cuatro variedades de patata en comparación al testigo, al inicio del estudio, el contenido de K oscilaba entre 3 y 6 g kg^{-1} (1998) y al final del mismo el aumento fluctuaba entre 3.6 y 7 g kg^{-1} (2013).

En las variedades Agria (1998 a 2007) y en el clon A7677 (1998 a 2004), se observan los incrementos más marcados en el contenido de K tras el tratamiento con el CR. En la variedad Agria, un incremento importante también se observa en el 2010 con el tratamiento con CV, no existiendo diferencias significativas ($p < 0.01$) con el contenido de K en los tubérculos de los que procedían del tratamiento con CR. En el 2013, mayor contenido de este nutriente lo encontramos en el tratamiento con CV, si

observamos las tablas 7.4 y 7.5 podemos visualizar claramente que el contenido de este nutriente en el compost procedente de estiércol de vacuno fue mayor.

Con el tratamiento mineral, las variedades Agria y el Clon A nos proporcionan tubérculos con contenidos de K constantes a través del tiempo, siendo ligeramente superior la absorción de este nutriente por el Clon A. El contenido de K, fue mucho menor tras el tratamiento con CG, seguido de CO, pero por encima del testigo.

Un incremento menor pero por encima del resto de enmiendas, se observó en la variedad Monalisa durante todo en ensayo. En cambio en la variedad Jaerla, el incremento en el contenido de K fue mayor entre 1998 a 2004 tras CR y entre 2007 a 2013 tras el tratamiento con CV. En el resto de enmiendas, el contenido fue sostenido y mayor tras la fertilización mineral que con el tratamiento de CO, en la tabla 7.7 podemos observar que la riqueza en este nutriente fue menor en el compost de ovino en comparación con las otras enmiendas orgánicas.

CONTENIDO EN MICRONUTRIENTES Y METALES PESADOS

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Hierro en tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677.

En la Figura 7.16, se puede apreciar la evolución de los valores promedio en el contenido de Hierro (mg kg^{-1}) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677, tras el tratamiento con las diversas enmiendas orgánicas y la fertilización mineral sobre el cultivo. Se advierten diferencias significativas ($p < 0.01$) en el contenido de hierro de los tubérculos de las cuatro variedades de patata en comparación al testigo.

Al inicio del estudio, el contenido de Fe oscilaba entre 20-50 mg kg^{-1} (1998) y al final del mismo (2013) se observa un incremento en los tubérculos fluctuando entre 30-70 mg kg^{-1} . Las diferencias más marcadas se observan con el Compost de residuos urbanos (CR), cuyo tratamiento sobre el Clon A7677 y la variedad Agria, proporcionó los mayores contenidos de Fe en los tubérculos, en el año 2004 de 108 mg kg^{-1} para el Clon A y en el 2007 de 90 mg kg^{-1} para la variedad Agria, en muestreos realizados posteriormente se ha observado una disminución considerable de este nutriente en las siguientes campañas hasta llegar al 2013 con un contenido de Fe en los tubérculos similares casi a los obtenidos por el testigo. En la variedad Monalisa, el contenido de Fe con el tratamiento CR se encuentra por encima del resto de enmiendas orgánicas e incluso de la fertilización mineral desde el inicio del estudio hasta también el año 2007, en donde como sucede con las otras variedades, disminuye el contenido de este nutriente en los tubérculos hasta llegar al final de las campañas, (2013) con un contenido similar a las parcelas testigo al final del estudio.

La influencia del tratamiento con CR en la variedad Jaerla, proporciona un ligero incremento del nivel de Fe de 40 mg kg^{-1} en 1998 a 60 mg kg^{-1} en el 2004, superior al proporcionado por los otros compost y fertilización mineral; entre la campaña del 2007 a la campaña del 2013 existe una disminución del contenido de este nutriente hasta ser muy similares al control.

Llama la atención que el contenido de Fe en los tubérculos sea sostenido tras el tratamiento con CG en las cuatro variedades, siendo el contenido mayor en el año 2010 en la variedad Monalisa en comparación a las otras variedades, en las cuales sólo

se obtiene este nutriente en los tubérculos, al final del estudio. La fertilización mineral contribuye a incrementar el contenido de Fe en los tubérculos presentando su mayor pico de contenido de Fe en la variedad Monalisa en el 2010 (68 mg kg^{-1}). Las demás enmiendas dieron contenidos de Fe similares en todas las variedades.

Los contenidos normales de Fe varían según diferentes autores dependiendo de la parte de la planta y de las variedades (Mico, 2005; Gonzalez, 2013), valores por debajo de 50 mg kg^{-1} pueden indicarnos deficiencias de este elemento. El compost de residuos urbanos es un material rico en este nutriente (Tabla 7.4) las otras enmiendas orgánicas nos ofrecen menores valores de este nutriente. La variedad Agria y el Clon A son más eficientes en la asimilación de este nutriente lo que se traduce en los altos rendimientos logrados, que coinciden con el alto contenido de Fe en sus tubérculos.

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Manganeso en tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677.

En la Figura 7.16. observamos la evolución de los valores promedio en el contenido de Manganeso (mg kg^{-1}) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677, tras el tratamiento con los diversos abonos orgánicos y la fertilización mineral sobre el cultivo. Se advierten diferencias marcadamente significativas ($p < 0.01$) en el contenido de manganeso en los cuatro genotipos en estudio. Se observa incrementos en el contenido de Mn en los tubérculos cuando se aplica el tratamiento de CR en todas las variedades en estudio, en la campaña del 2001 se observa mayor contenido de Mn en los tubérculos del tratamiento proveniente del compost de ovino (CO) si observamos la tabla 7.7, nos daremos cuenta de la riqueza del compost en este nutriente en el momento de la aplicación del CO.

En todas las variedades, el incremento del contenido de Mn en los tubérculos es sostenido y se mantiene a través del tiempo. En la variedad Agria y Monalisa, el principal pico del incremento de Mn se da con el CR en el año 2007. En la variedad Agria, se mantiene un aumento ligero, en cambio en la variedad Monalisa, desciende por debajo de los tratamientos con CV y CO. Mientras, que el clon A7677, presenta el mayor contenido de Mn con casi todos los abonos orgánicos y fertilización mineral, la variedad Jaerla, presenta el menor contenido de Mn con los mismos tratamientos. En el clon A7677, el mayor contenido se produce con el CR en casi todos los años, seguido por CV, CG, CO y fertilización mineral.

El Mn es un elemento esencial en la nutrición de las plantas y puede variar entre 20 y 300 mg kg^{-1} (Jones, 1972; Adriano, 2001; Kabata-Pendias, 2004; en tubérculos de patata se encontrado entre 3 y 15 mg kg^{-1} (Mico, 2005; Peris, 2006; González, 2013).

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Zinc en tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677.

En la Figura 7.17, se observa la evolución de los valores promedio en el contenido de Zinc (mg kg^{-1}) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677, al recibir los diferentes compost y la fertilización mineral. Se advierten diferencias marcadamente significativas ($p < 0.01$) en el contenido de Zn en las cuatro variedades de patata. El mayor contenido de Zn lo encontramos en los tubérculos del clon A7677 y los menor en la variedad Agria. Es en el clon A7677, donde se observa que casi todos los abonos orgánicos y la fertilización mineral

proporcionan mayor contenido de Zn, desde el inicio del estudio. Destacando el incremento sostenido tras el tratamiento con CR, hasta la campaña del 2007, en que se observa un descenso a valores similares al 2001. Es en las variedades Monalisa y Jaerla, en donde el contenido de Zn proporciona valores intermedios que las otras variedades. En la variedad Monalisa destacan los incrementos de Zn tras el tratamiento con CV en las campañas 2001, 2007 y 20013, tras el tratamiento con CR.

En el caso de la variedad Jaerla, destaca el incremento del contenido de Zn en los tubérculos tras el tratamiento con CR en 2004 (20 mg kg⁻¹) y 2010 (23 mg kg⁻¹), tras el tratamiento con CV desde 2007 (21 mg kg⁻¹) y 2013(23 mg kg⁻¹). En la variedad Agria, el contenido de Zn fue mayor en el 2007 tras el tratamiento con CR, seguido por la fertilización mineral en el año 2013. En este año, es donde la mayor parte de los abonos orgánicos también proporcionan mayor contenido de Zn en los tubérculos.

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Cobre en tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677.

En la Figura 7.18, se observa la evolución de los valores promedio en el contenido de Cobre (mg kg⁻¹) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677, tras el tratamiento con los diversos compost orgánicos y la fertilización mineral sobre el cultivo a través del tiempo. Se advierten diferencias marcadamente significativas (p<0.01) en el contenido de Cu en las cuatro variedades de patata al recibir estas enmiendas orgánicas, destaca el incremento sostenido en el contenido de Cu tras el tratamiento con CR, en comparación a las demás variedades en estudio, siguiéndole en importancia las que estuvieron bajo la influencia del compost de CV, CO y CG. El mayor contenido de Cu en los tubérculos los encontramos en el Clon A7677 seguido de la variedad Agria, Monalisa y Jaerla. Obteniéndose un contenido de 17 mg kg⁻¹ en las tres últimas campañas.

Diferentes estudios muestran un amplio abanico de contenidos de cobre en los cultivos en función del tipo de suelo y del tipo de cultivo, si bien el rango normal varía entre 2 y 7 mg kg⁻¹ como valor mínimo y de 20 a 30 como valor máximo (Jones, 1972; Seoáñez et al., 1999; Mico, 2005) se han encontrado en patatas 6.4 mg kg⁻¹; (Peris; 2006; Prieto, 2009). El contenido en tubérculos de 10 a 14 mg kg⁻¹, acelgas y lechugas del orden de 11 a 19 mg kg⁻¹ (Mico,2005). El contenido de Cu en nuestros tubérculos estaría considerado en el rango normal, pero no ha sido reportado mas de 14 mg kg⁻¹ en patatas, nosotros en promedio hemos llegado a 18 mg kg⁻¹ en tubérculos del Con A7677.

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Plomo en tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677.

En la Figura 7.19, se observa la evolución de los valores promedio en el contenido de Plomo (mg kg⁻¹) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677, tras el tratamiento con los diversos abonos orgánicos y la fertilización mineral sobre el cultivo desde 1998 al 2013. Se advierten diferencias marcadamente significativas (p<0.01) en el contenido de Pb en las cuatro variedades de patata. En la variedad Agria, se obtiene un importante contenido en Pb con el tratamiento de CR entre 4 mg kg⁻¹ en la campaña del 2001 a 6.13 mg kg⁻¹ en la campaña del 2007, seguido de lejos por los tratamientos de CV y CG. En 2013, todos

los abonos y fertilización mineral, a excepción de CR, dan contenidos similares de Pb. En el clon A7677, también se observa que el contenido mayor de Pb se da tras el tratamiento con CR entre 2001 (4.6 mg kg^{-1}) y 2007 (9.6 mg kg^{-1}). Similares contenidos de Pb se dan con el resto de abonos y fertilizante mineral, donde destaca entre 2010 y 2013 el CG. En la variedad Monalisa, el pico principal en el contenido de Pb se da en el 2004 (6.13 mg kg^{-1}) tras el tratamiento con CR en comparación a los otros abonos orgánicos y fertilizante mineral, los cuales incrementan el contenido de Pb desde 2007 a 2013 de manera similar al tratamiento con CR. En la variedad Jaerla, también se da un incremento importante de Pb tras el tratamiento con CR desde 2001 a 2007, en cambio en el resto variedades es muy ligero el incremento de Pb en sus tubérculos en los diferentes tratamientos en estudio.

Todas las muestras de cultivos analizadas se sitúan dentro de los contenidos normales que según Alloway y Ayres (1993) se sitúan entre 5 y 10 mg/kg. Asimismo, ningún cultivo supera el intervalo fitotóxico, que de acuerdo con diferentes autores, se sitúa entre 30 y 300 mg/kg (Kabata-Pendias, 2004, Ko et al, 2008; Ghaly et al, 2010), generalmente el Pb presenta baja movilidad en el interior de los cultivos, se ha observado que se acumula mayormente en las raíces. (Ghaly et al, 2010).

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Cromo en tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677.

En la Figura 7.20, se observa la evolución de los valores promedio en el contenido de Cr (mg kg^{-1}) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677, tras el tratamiento con los diversos abonos orgánicos y la fertilización mineral sobre el cultivo. Se advierten diferencias marcadamente significativas ($p < 0.01$) en el contenido de Cr en las cuatro variedades de patata. Destacan importantes contenidos de Cr en los tubérculos tras el tratamiento de CR y CV. En la variedad Agria, el mayor contenido de Cr se da tras el tratamiento con CR se da desde 2001 (15.4 mg kg^{-1}) a 2007 (19.4 mg kg^{-1}), seguido del CV cuyo contenido es menor pero más sostenido hasta 2013.

En el Clon A7677, el contenido de Cr tiene un incremento excepcional hasta 2004 tras el tratamiento con el CR (20 mg kg^{-1}), coincidiendo con el mayor rendimiento que fue de 70 t ha^{-1} , luego el contenido de este elemento disminuye hasta niveles obtenidos en los tubérculos de las parcelas testigo al final del experimento.

El segundo pico de incremento se da con el CV entre 2007 a 2013, seguido por el tratamiento con CO. En la variedad Monalisa el principal incremento se da tras el tratamiento con el CV entre las campañas del 2004 a 2013, seguido únicamente por el tratamiento CR entre las campañas de 2004 y 2007 y por el CO, cuyo contenido es sostenido entre 2004 y 2013. En la variedad Jaerla, el CR da un pico importante en el contenido de Cr (15 mg kg^{-1}) en 2004, seguido por el CV entre las campañas del 2007 y 2013 (13 mg kg^{-1}). Es el tratamiento con fertilización mineral que aunque se observan incrementos en el contenido de Cr, estos fueron menores en comparación con los tratamientos con abonos orgánicos.

Efecto de los tratamientos sobre el contenido de Níquel en tubérculos de patata de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla y Clon A7677.

En la Figura 7.21, se observa la evolución de los valores promedio en el contenido de Ni (mg kg^{-1}) en los tubérculos de las variedades Agria, Monalisa, Jaerla

y Clon A7677, tras el tratamiento con los diversos abonos orgánicos y la fertilización mineral sobre el cultivo. Se advierten diferencias marcadamente significativas ($p < 0.01$) en el contenido de Ni en las cuatro variedades de patata.

El contenido de Ni se encuentran principalmente en los tubérculos de la variedad Agria, tras el tratamiento con CR e incrementan considerablemente entre las campañas del 2004 a 2013, seguido del tratamiento CG también entre 2004 y 2013. seguidos de lejos por los tratamientos CV y CO que se prolongan sin mucha variación hasta la campaña 2013. El clon A7677, se observa un incremento excepcional en sus tubérculos en el contenido de Ni desde el inicio del tratamiento hasta 2004, luego desciende a valores similares al resto de tratamientos. Un incremento moderado e importante se da tras el tratamiento con CO, seguido de CV.

En la variedad Monalisa, destaca un importante incremento del contenido de Ni en los tubérculos entre 2004 (10 mg kg^{-1}) y 2007 (15 mg kg^{-1}) tras el tratamiento con el CR, luego disminuye hasta contenidos similares al testigo para 2013. En segundo lugar es el tratamiento con CG, el que proporciona un contenido sostenido de Ni entre 2010 y 2013. Picos intermedios se dan con el CV y el CO entre 2007 y 2013. Es en la variedad de Jaerla, donde el pico de mayor contenido de Ni se da antes, en 2001 (8.36 mg kg^{-1}) tras el tratamiento con CR, seguido de un descenso menos importante que con las otras variedades. Picos similares en el contenido de Ni en los tubérculos se dan en la campaña del 2007 por el CV y en el 2013 por el CG. En el tratamiento con fertilización mineral, que aunque proporciona incrementos en el contenido de Ni en los tubérculos, estos son menores en comparación con los otros tratamientos con abonos orgánicos.

Nos encontramos que diferentes autores sugieren que los contenidos normales se encuentran entre 0.02 y 5 mg kg^{-1} , situándose el intervalo fitotóxico para algunos autores entre 10 y 100 mg kg^{-1} (Kabata-Pendias, 2004), otros autores han hallado en cultivos de inflorescencias rangos entre 0.31 y 3.20 mg kg^{-1} , en cultivos de hoja entre 0.29 y 25.15 mg kg^{-1} (Peris, 2006), entre 0.4 mg kg^{-1} (nabo) y 7 mg kg^{-1} en patatas (Mico, 2005) otros nos señalan en Girasol, Veza y Cebada un promedio de Ni entre 3 y 20 mg kg^{-1} , en suelos tratados con lodos (Cabezas, 2004). El mayor contenido de Ni en nuestros tubérculos lo hallamos en el Clon A7677 con 20.16 mg kg^{-1} , situándose dentro de los márgenes tolerables, sin llegar a ser fitotóxico, algunos autores señalan que la concentración de Ni es mayor en los tubérculos que en los cultivos de hoja, lo cual podría deberse a una predisposición genética de algunas variedades a absorber este elemento en mayor cantidad que otras variedades bajo el mismo contenido de este elemento en el suelo (Prieto, 2009).

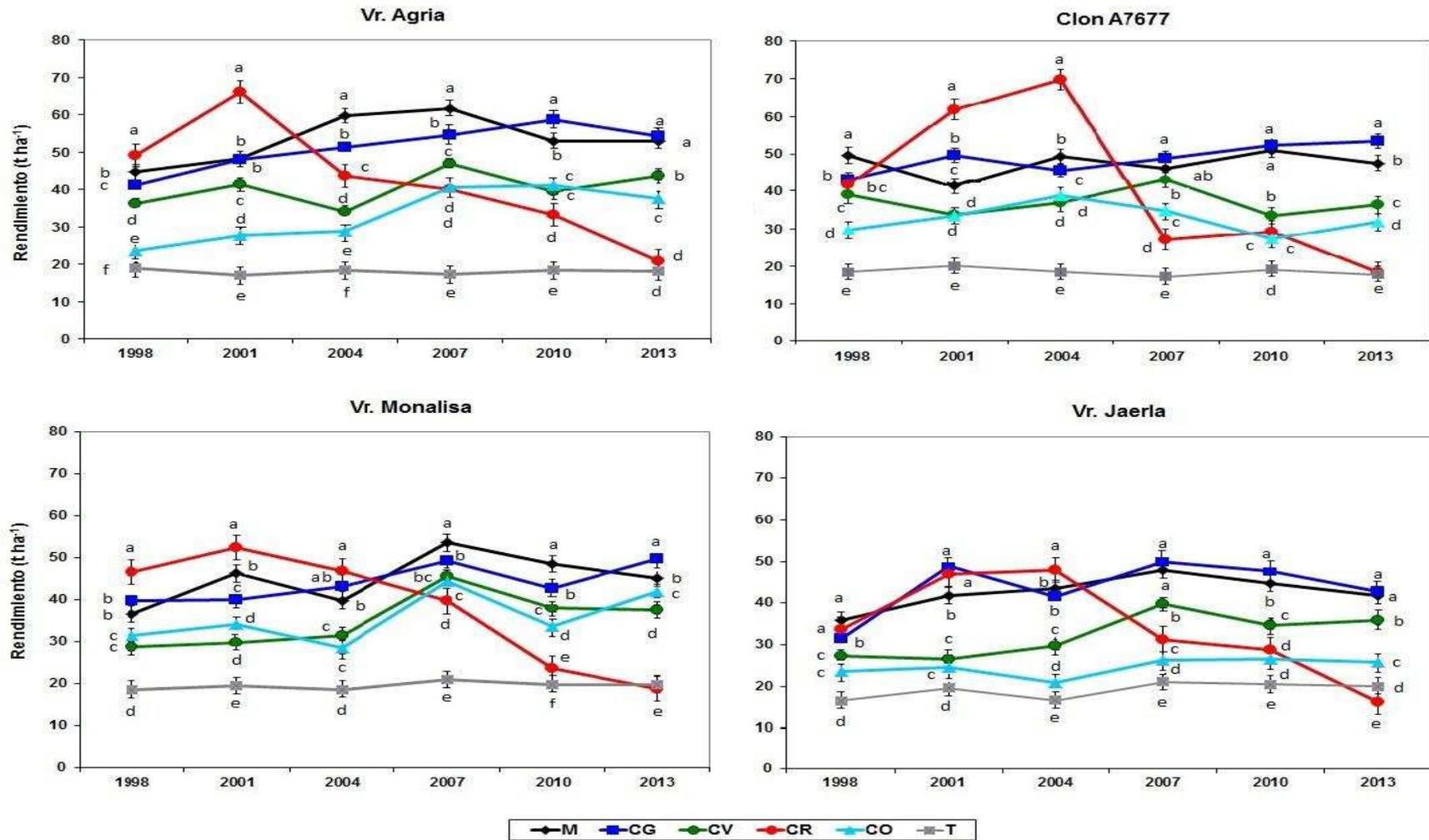


Figura 7.11. Evolución del Rendimiento de tubérculos de patata de las Variedades Agría Monalisa, Jaerla y Clon A767 (1998-2013) ante la aplicación de compost de diferentes enmiendas orgánicas. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$).

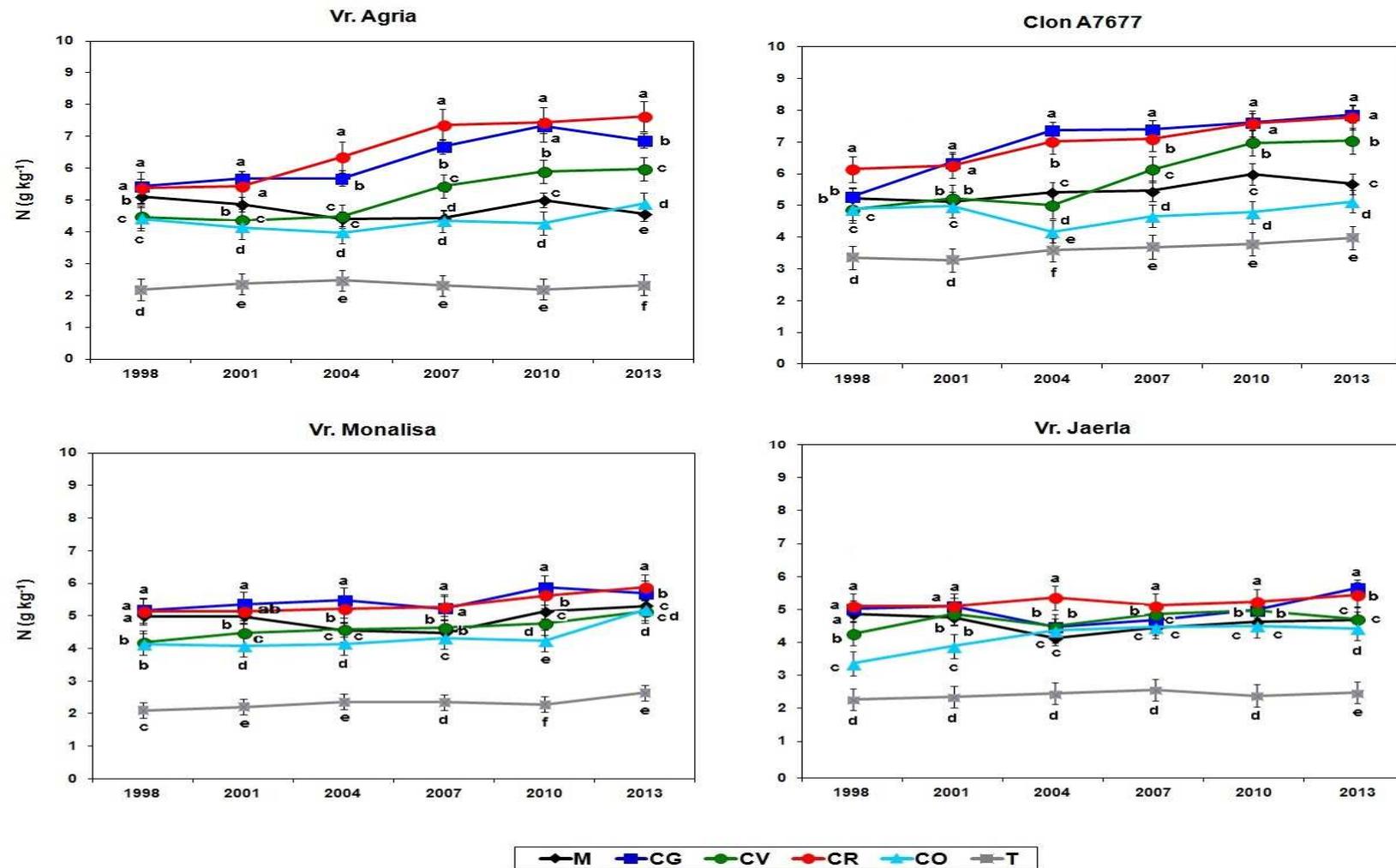


Figura 7.12. Evolución del contenido de Nitrógeno (g kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agría Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$).

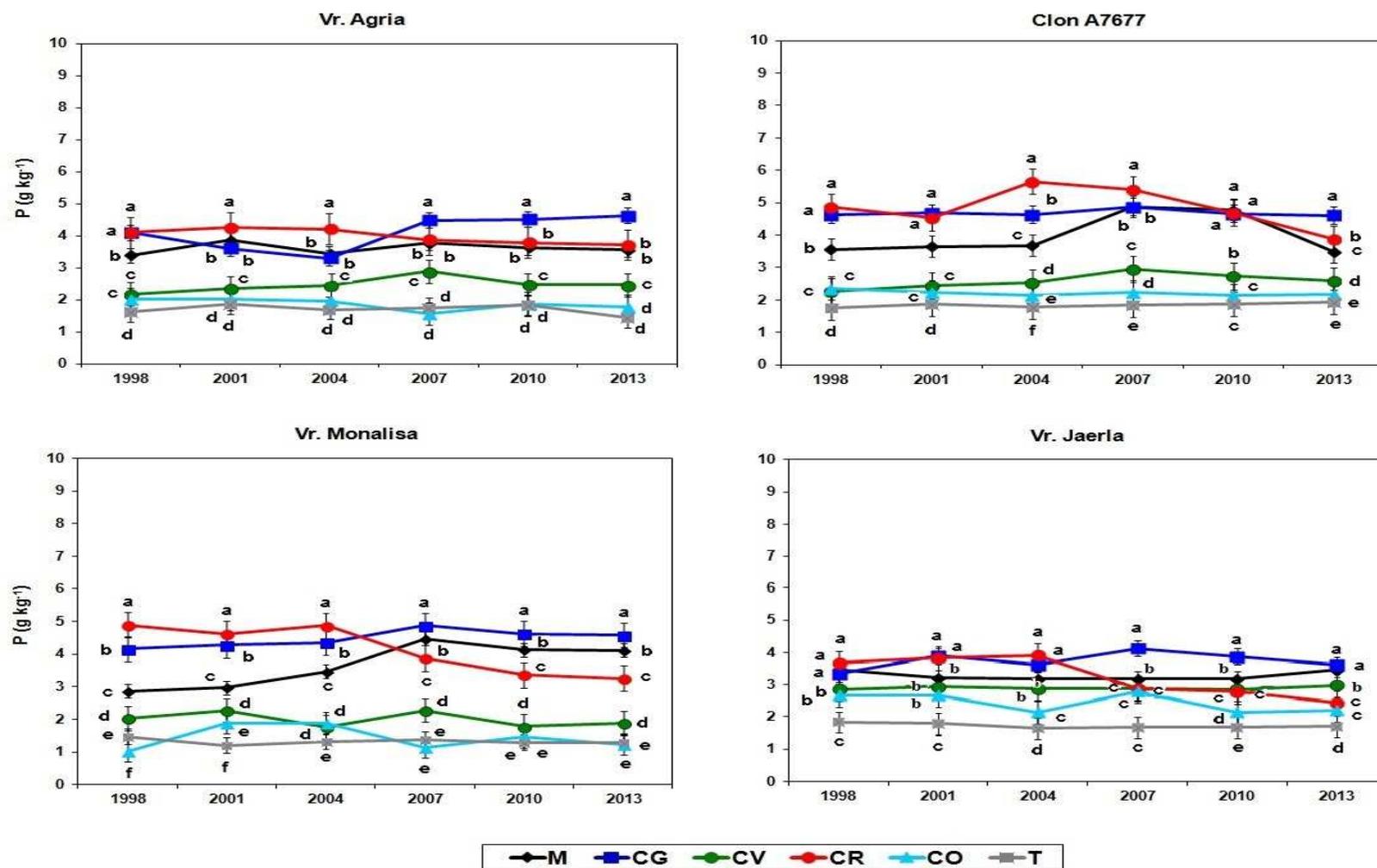


Figura 7.13. Evolución del contenido de Fósforo (g kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agria Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$).

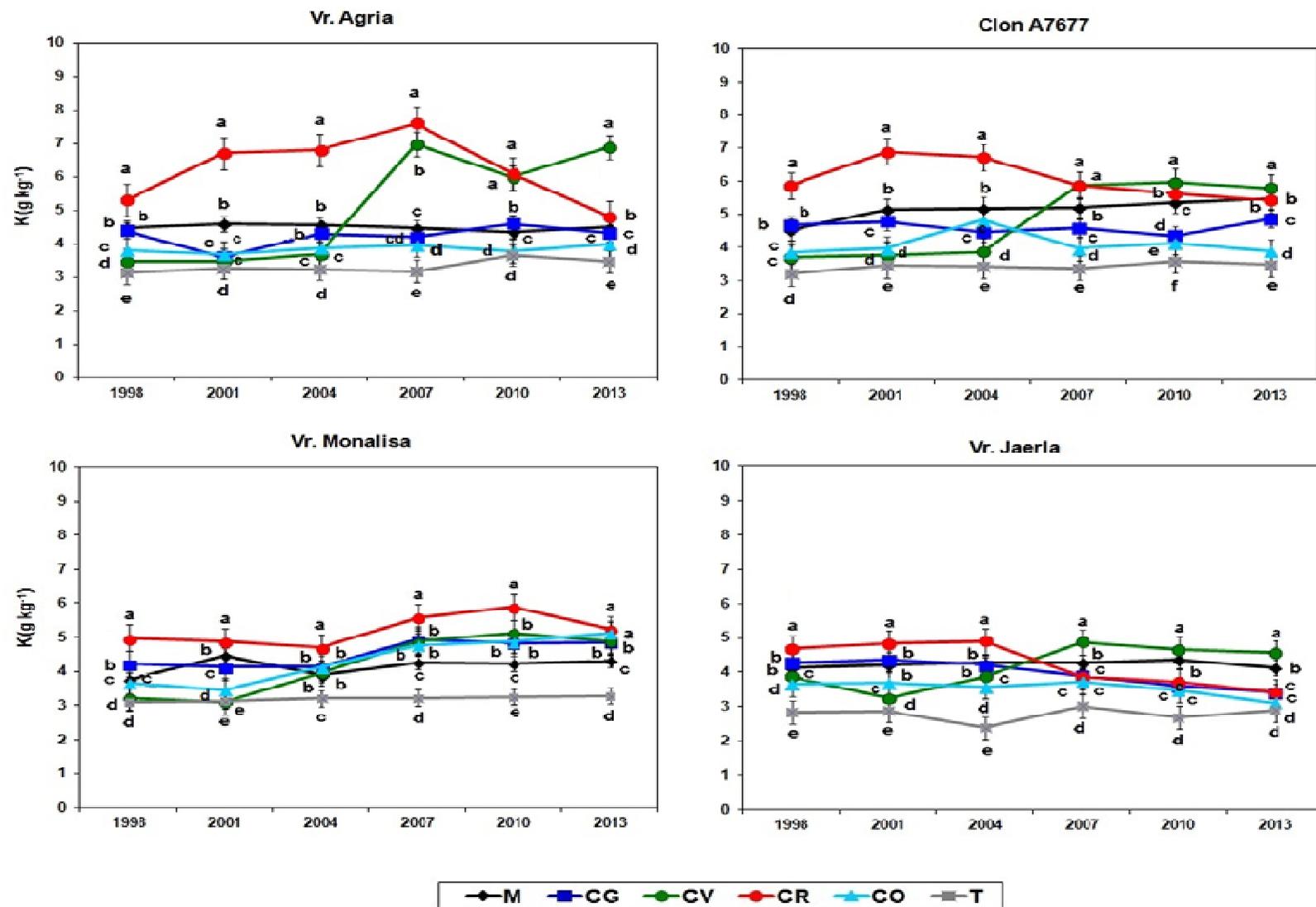


Figura 7.14. Evolución del contenido de Potasio (g kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agría Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$).

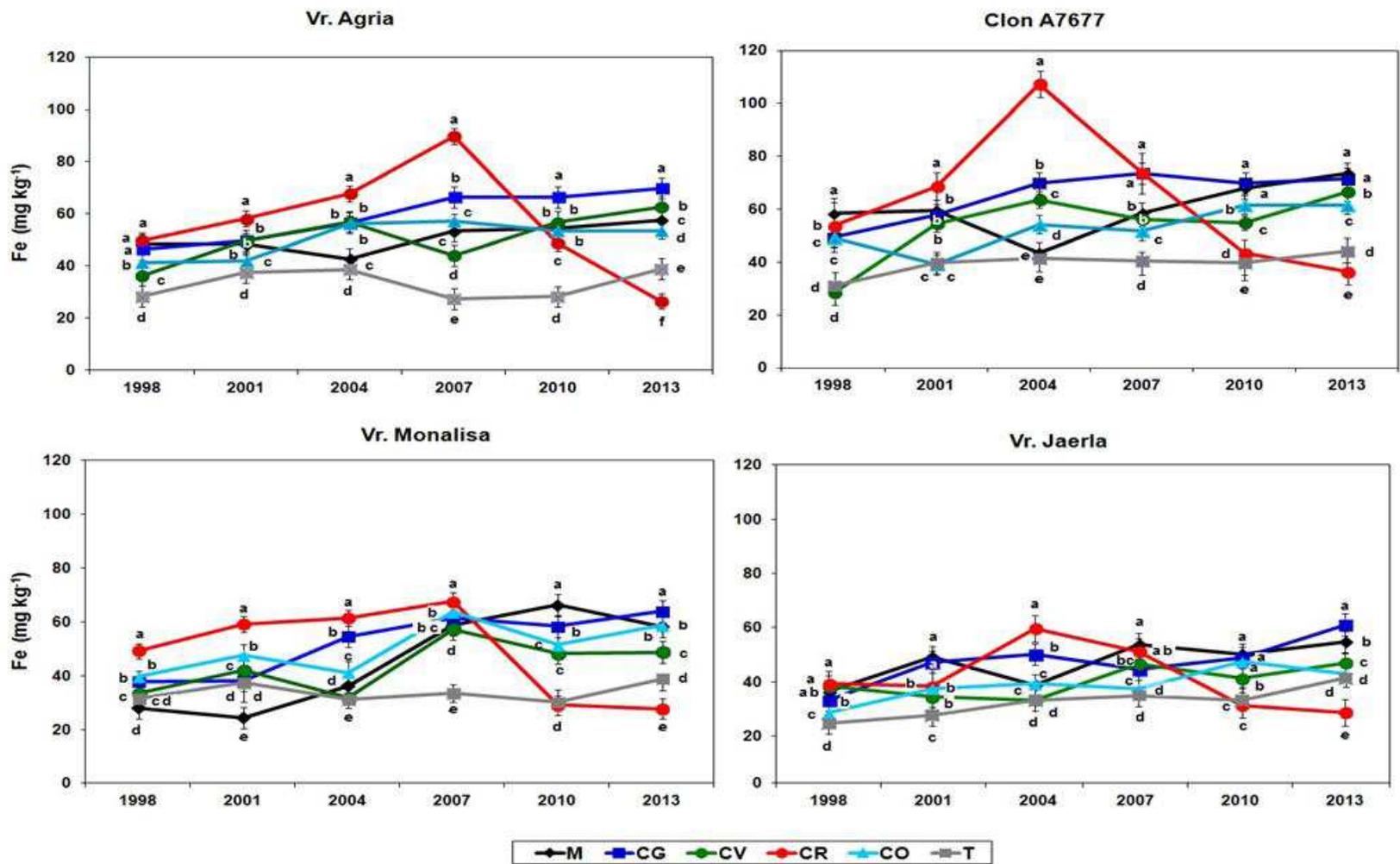


Figura 7.15. Evolución del contenido de Hierro (mg kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agría Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$).

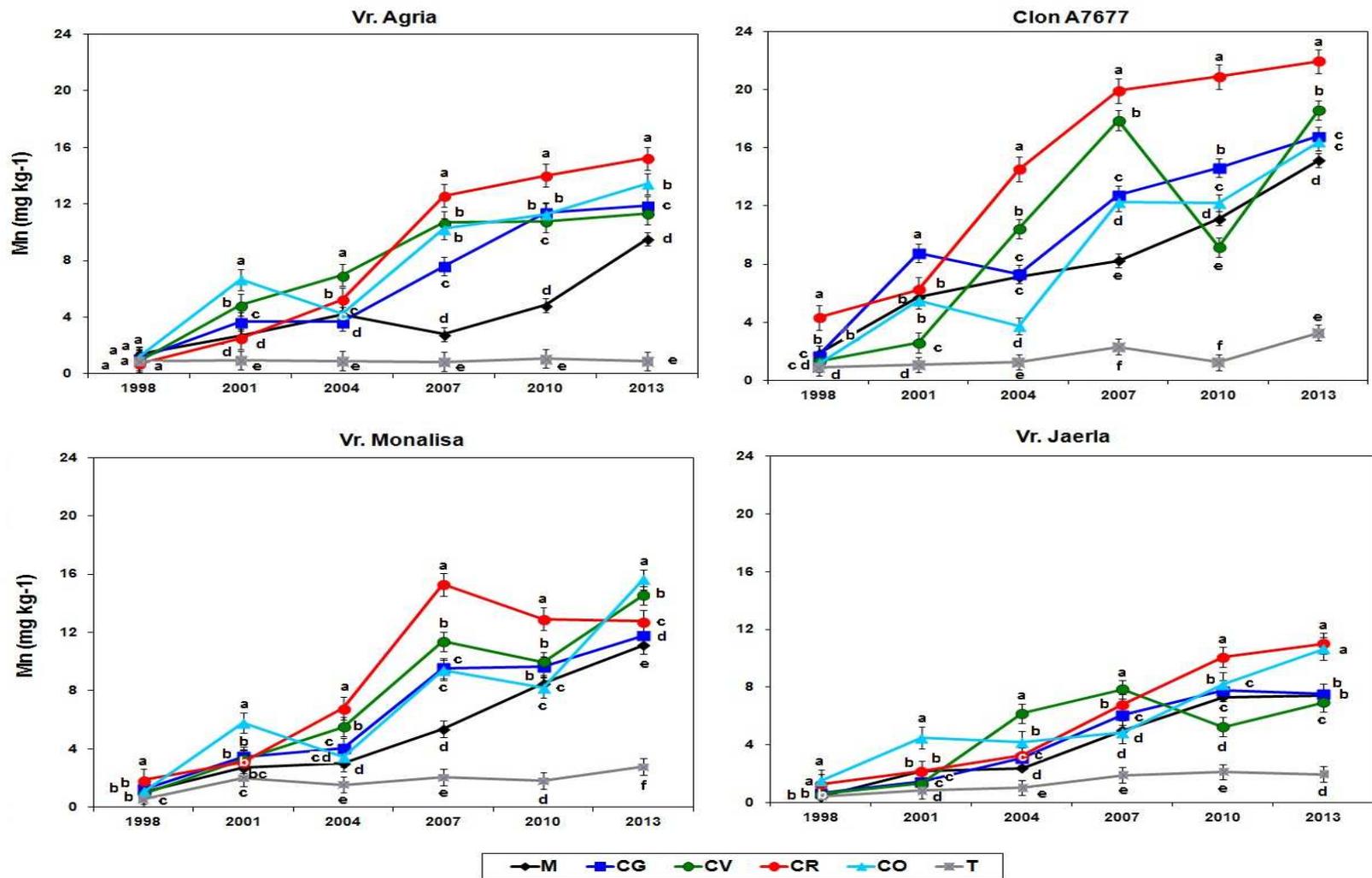


Figura 7.16. Evolución del contenido de Manganeso (mg kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agria Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$).

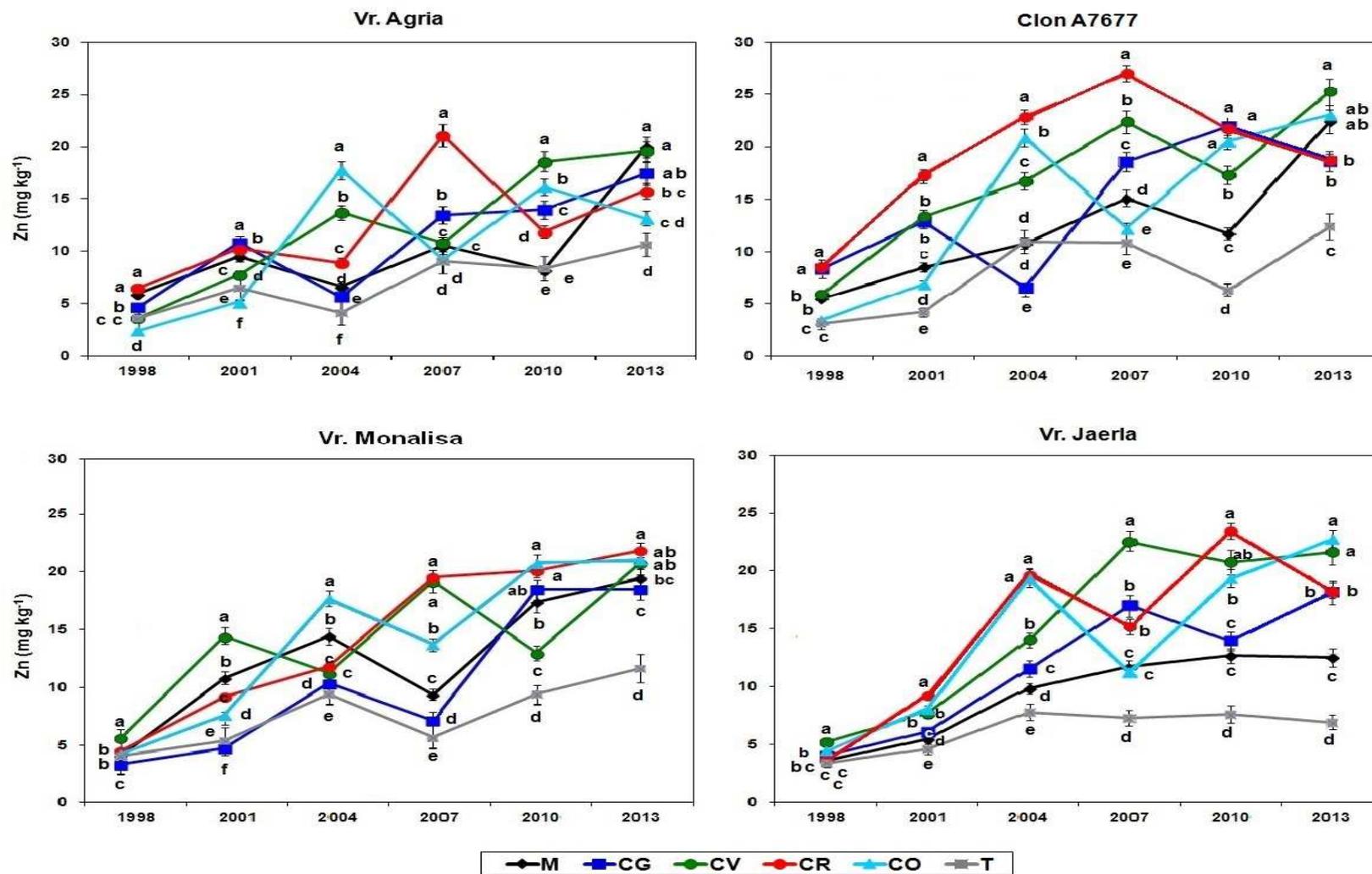


Figura 7.17. Evolución del contenido de Zinc (mg kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agría Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$).

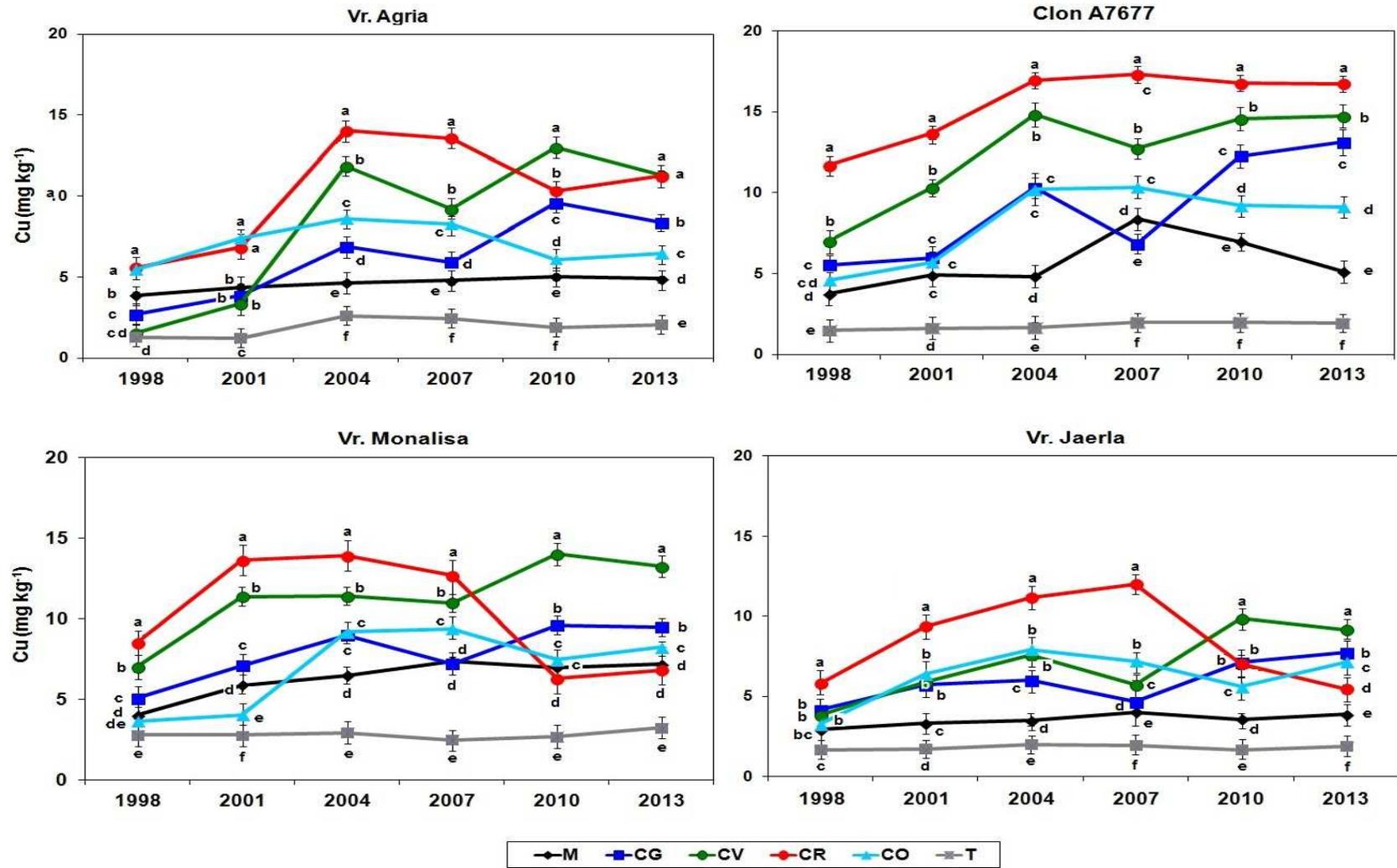


Figura 7.18. Evolución del contenido de Cobre (mg kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agría Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$).

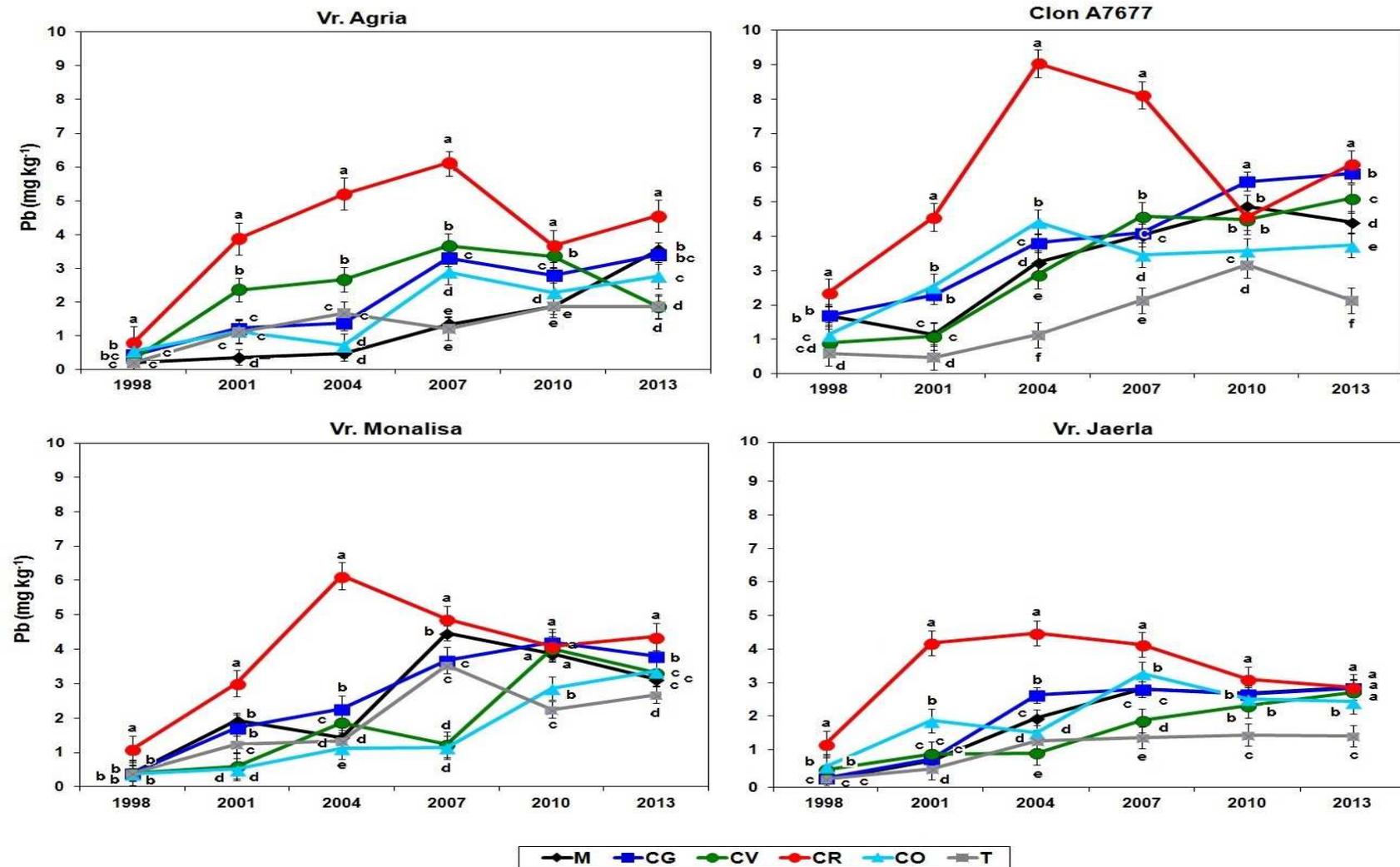


Figura 7.19. Evolución del contenido de Plomo (mg kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agria Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$).

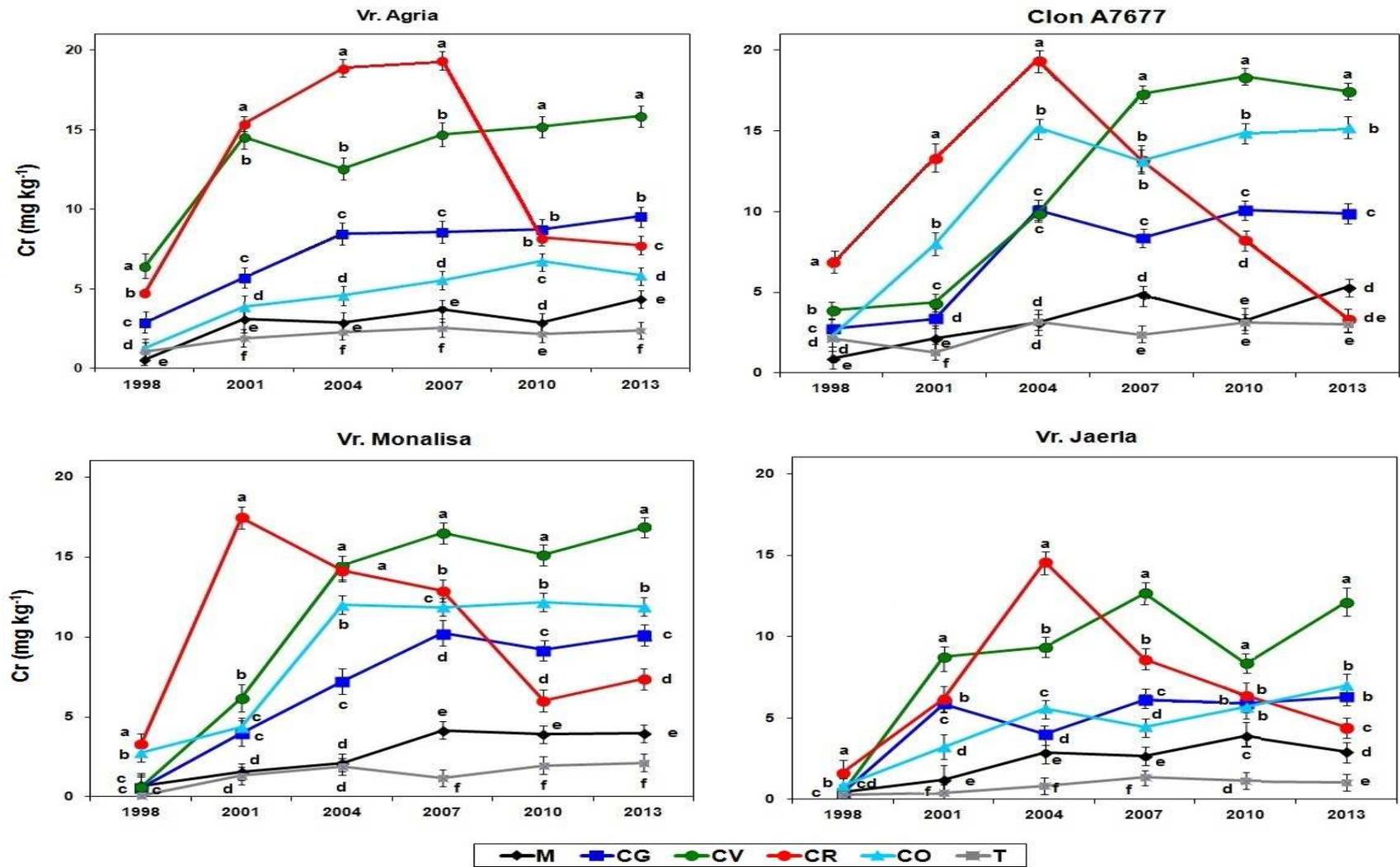


Figura 7.20. Evolución del contenido de Cromo (mg kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agría Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$)

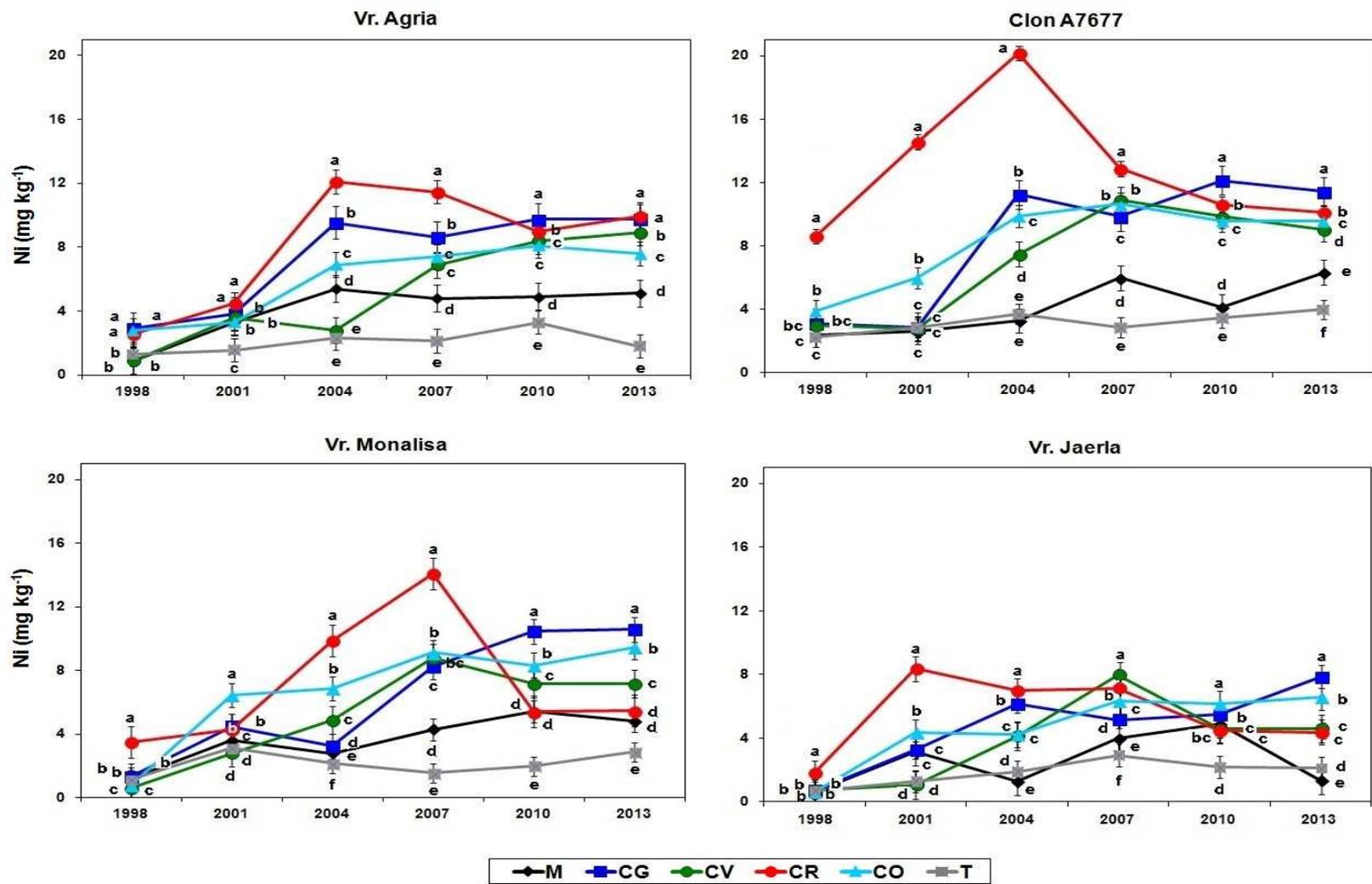


Figura 7.21. Evolución del contenido de Niquel (mg kg^{-1}) en tubérculos de patata de las Variedades Agría Monalisa, Jaerla y Clon A767. Valores con diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$)

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

En los estudios de campo de variedades y clones avanzados de patata para seleccionar los genotipos más adecuados para poder evaluar el efecto de las diferentes enmiendas orgánicas sobre el cultivo, se concluye:

1. Según su ciclo de cultivo, las variedades precoces desarrollan menor número de tallos por planta con respecto a las variedades de mayor periodo vegetativo, destacando la Variedad Jaerla que a los 105 días alcanza su mayor peso fresco de follaje (PFF), logrando a los 120 días, una producción en promedio en los tres suelos, de 48 t ha^{-1} , muy superior a las otras variedades precoces, con mucha uniformidad en sus tubérculos (51-49%) comprendidas entre los calibres comerciales de 40-60 mm y de 60-80mm.
2. Dentro de la categoría de variedades o clones semitempranos destacan la variedad Monalisa y el Clon A7677, que logran su mayor PFF en a los 105 días, alcanzando rendimientos en peso fresco de tubérculos (PFT) en 135 días de 41.8 y 37.4 t ha^{-1} en promedio, en los tres suelos en estudio, con una uniformidad en sus tubérculos comprendidas entre los calibres comerciales
3. Los Clones B4334, D9397, y el Clon C4976 completaron su desarrollo entre 150 y 180 días, fueron agrupados en la categoría de semitempranos y muy tardíos, con una producción de 34 t ha^{-1} en promedio, se constataron diferencias fenotípicas entre los clones en producción.
4. Las variedades con mayor rendimiento han sido las variedades Red Pontiac, Marfona y Kennebec con 51 , 49 y 40 t ha^{-1} respectivamente, (categoría Semitardías) completan su ciclo de vida a los 150 días. Predominan en estas variedades los calibres de 60-80 mm y más de 80 mm.
5. Dentro del grupo de las variedades semitardías, sobresale la Variedad Agria, con un buen rendimiento en los tres suelos, dominando la uniformidad en el número y calibre de sus tubérculos, con sólo un 1% de calibre pequeño menor de 40mm y el resto en los calibres comerciales de 40-60 y 60-80mm, bastante uniformes.
6. Han sido seleccionados las variedades Jaerla, Monalisa, Clon A y Agria, por ser las más estables en rendimiento, calibre comercial, forma y tamaño de tubérculo, lo cual podría estar indicando que estos genotipos portan genes de estabilidad para este medio, los cuales están presentes independientemente del origen del genotipo, ya sean estos híbridos (subespecie *tuberosum* x *andigenum*), cruzamientos de variedad por selección de polinización libre (PL) o variedades comerciales (subespecie *tuberosum* x *tuberosum*).
7. Hemos observado que el mismo efecto ambiental no actúa en igual medida sobre el comportamiento de las variedades y clones; estas diferencias reflejan las características de los genotipos ensayados, a pesar de que las variedades comerciales tienen estabilidad y adaptación a ambientes contrastantes, es necesario seguir experimentando en campo con estos genotipos, siguiendo el cultivo desde la selección de la semilla, plantación, recolección y

almacenamiento, todo lo cual nos dará más detalles acerca de la variedad, de su adaptación a amplios ambientes, de su rendimiento y calidad, para seleccionar la que mejor se adecue a nuestras necesidades.

En los estudios de campo para la evaluación temporal de la aplicación del compost de residuos urbanos (CR) y otras enmiendas orgánicas en las variedades seleccionadas determinando su capacidad como fuente de nutrientes, evaluando los posibles riesgos contaminación por metales pesados, se concluye:

1. La aplicación del compost de residuos urbanos (CR) ha incrementado el rendimiento del cultivo en las tres variedades y el clon avanzado de patata, con respecto a las otras enmiendas orgánicas y al tratamiento testigo, siendo estos rendimientos sostenidos en las campañas 1998 y 2001 para las Variedades Agria y Monalisa y prolongándose hasta la campaña 2004 para la variedad Jaerla y el Clon A7677. Siendo muy significativa su aporte para este último quien logra el mayor rendimiento.
2. Se observa una fuerte declinación en los rendimientos en todas las variedades y en especial en el clon A7677 a partir de la tercera campaña, en el tratamiento con CR, hasta llegar en la última campaña (2013) a rendimientos similares a la parcela testigo sin ninguna aplicación de enmienda o fertilización.
3. La adición de los compost de residuos urbanos ha incrementado los contenidos de macronutrientes, micronutrientes y metales pesados en los suelos, mostrando una acumulación en el sistema.
4. El compost de Gallinaza (CG) es la segunda enmienda en proporcionar altos rendimientos, observándose sus beneficios en todas las variedades, desde inicio del experimento (1998) hasta el final (2013) con rendimientos uniformes a través del tiempo.
5. En las tres variedades en estudio y en el clon avanzado se observan rendimientos muy similares entre los tratamientos con CG y las parcelas tratadas con fertilizante mineral. Por lo tanto el uso de estos compuestos CG, sería una buena alternativa al uso de la fertilización convencional.
6. En los tubérculos del clon A7677 es donde se ha encontrado mayor contenido de Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr y Ni, con 108, 23, 27, 17, 9, 19 y 20 mg kg⁻¹, seguidos en contenido menores por la Variedad Agria, Monalisa y Jaerla, bajo el tratamiento con compost de residuos urbanos, siendo mayor que en las otras enmiendas orgánicas.
7. Se observa una evolución en la absorción de Manganeso en todas las variedades en estudio en todos los tratamientos a través del tiempo, parece estar mejor disponible para la planta y por lo tanto puede disponer de este nutriente.

-
8. El contenido en Zn para todas las variedades fluctuó entre 3 y 8 mg kg⁻¹ al inicio del experimento (1998) y de 18 a 27 mg kg⁻¹ al final del experimento (2013).
 9. El mayor contenido en los tubérculos en plomo, cromo y níquel, lo encontramos en el Clon A7677 en el 2004 con el tratamiento de CR, coincidiendo con el mayor rendimiento (70 t ha⁻¹) y en la variedad Agria en el 2001, coincidiendo también con un buen rendimiento (67 t ha⁻¹).
 10. De todos los tratamientos en estudio el CR superó a todas las enmiendas orgánicas entre los años 1998 y 2004, posteriormente fue el CG quien proporcionó las mejores producciones por hectárea y año, los rendimientos logrados fueron muy similares a los proporcionados por la fertilización mineral convencional en algunas de las variedades en estudio, por lo tanto el compost de gallinaza constituye una fuente de fertilización alternativa a la fertilización mineral convencional, que puede ser empleada en el cultivo de patata.
 11. El Clon A7677 se ha adaptado muy bien a las condiciones edafoclimáticas imperantes y logra muy buenos rendimientos, con las enmiendas orgánicas proporcionadas durante el experimento, la mejor de todas el compost de residuos urbanos entre las campañas 1998 y 2004, posteriormente con el compost de gallinaza. Los rendimientos obtenidos con el compost de vacuno (CV) y el compost de ovino (CO) fueron también muy similares, superiores a los tratamientos control, a través del tiempo. Por lo tanto el uso de estos compuestos resulta una fuente de fertilización alternativa sólo superada por el compost de gallinaza.

CAPÍTULO IX

BIBLIOGRAFÍA

-
- Agencia Europea del Medio Ambiente (2004). Medio Ambiente en Europa: Tercera Evaluación. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección de Calidad y Evaluación Ambiental, Madrid.
- Agencia Europea del Medio Ambiente (2004). Medio Ambiente en Europa: Tercera Evaluación. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección de Calidad y Evaluación Ambiental, Madrid.
- Aksenova N., Sergeeva L., Konstantinova T., Golyanovskaya S., Kolachevskaya O., Romanov G. (2013). Regulation of potato tuber dormancy and sprouting. *Russian Journal of Plant Physiology* 60(3):301-312.
- Alexopoulos A. A., Aivalakis G., Akoumianakis K.A., Passam H.C. (2008). Effect of gibberellic acid on the duration of dormancy of potato tubers produced by plants derived from true potato seed. *Postharvest Biology and Technology* 49:424-430.
- Alia N., Sardar K., Said M., Salma K., Sadia A., Sadaf S., Toqeer A., Miklas S. (2015). Toxicity and bioaccumulation of Heavy Metals in Spinach (*Spinacia oleracea*) Grown in a Controlled Environment. *J. Environ. Res. Public Health* 2015, 7400-7416.
- Ames M., Spooner D.M. (2008). DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato. *Amer. J. Bot.* 95, 252-257.
- Bini C. (2009) The Soil A precious natural resource. In: Conservation of Natural Resources. Kudrow N.J. (Ed.) Nova Science Publishers: Hauppauge, NY, USA, pp. 1-48.
- Bolan N.S., Adriano D.C., Mani P., Duraisamy A. (2003). Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. III. Efecto of biosolid addition. *Plant and Soil* 256, 231-241.
- Bolan N.S., Adriano D.C., Mani P., Duraisamy A., Arulmozhiselvan S. (2003). Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. II. Efecto of lime addition. *Plant and Soil* 250, 187-198.
- Bonmatí A., Gabarrell X. (2008). Conceptos generales sobre residuos. Girona. España, pp148.
- Bouyoucos G.J. (1962) Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron. J.* 54: 464-465.
- Bradshaw J.E. (2007). Potato-breeding strategy. En: Vreugdenhil, D. (ed.). *Potato biology and biotechnology advances and perspectives*. Elsevier, Amsterdam. pp. 157-174.
- Bremner J.M. (1996). Nitrogen-Total, *In*: J.M. Bigham (Ed.) *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*. SSSA, Madison, Wisconsin, 1085-1121.
- Buol S.W. , Southard R.C. ,Graham R.C. , McDaniel P.A. (2003). *Soil Genesis and Classification*. BLACKWELL Publishing Company, 5th edition, pp. 492.
- Caldiz D., Fernandez L., Struik O. (2001). Physiological age index, a new simple and reliable index to access the physiological age of seed potato tubers based on the haulm killing date and length of the incubation period. *Potato Research* 28: 425-435.
- Caldiz D.O., Fernández L.V., Struik P.C. (2002). Physiological age index: a new, simple and reliable index to assess the physiological age of seed potato tubers based on haulm killing date and length of the incubation period. *Field Crops Research* 69: 69-79.

-
- Castillo E. F., Beltrán R. L. (1973). *Clasificación agroclimática de España, basada en la clasificación ecológica de Papadakis*. Servicio Meteorológico Nacional. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. España. 1973.
- Castillo J., Estévez A., Salomón J., Pérez A., Ortíz Ú. (2007). Caracterización morfoagronómica del germoplasma cubano de papa (*Solanum tuberosum* L.). Evaluación de las accesiones cultivadas. Parte II. *Cultivos Tropicales*, vol. 28, no. 4, p. 69-73.
- Chang A.C., Warneke J.E., Page A.L., Lund L.J. (1984). Accumulation of heavy metals in sewage sludge-treated soils. *Journal of Environmental Quality*, 13: 87-91.
- Cintra A.A.D., Revoredo M.D., Melo W.J., Braz L.T. (2004). Non-nutrient heavy metals in tomato plants cultivated in soil amended with biosolid and sugarcane bagasse compost. *Acta Hort.*, 638: 259–265.
- Cuevas G., Walter I. (2004). Metales pesados en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 20, 59-68.
- De Stefano L., Knauber D., Huckle L., Suttle J. (2006a). Chemically forced dormancy termination mimics natural dormancy progression in potato tuber meristems by reducing ABA content and modifying expression of genes involved in regulating ABA synthesis and metabolism. *Journal of Experimental Botany* 57(11): 2879 -2886.
- Delaplace P., Rojas-Beltran J., Frettinger P., Jardin P., Fauconnier M.L. (2008). Oxylin profile and antioxidant status of potato tubers during extended storage at room temperature. *Plant Physiology and Biochemistry* 46: 1077 - 1084.
- [Documento guía de la Comisión Europea para la elaboración de Planes de Gestión de Residuos. www.magrama.gob.es/es/calidad](http://www.magrama.gob.es/es/calidad)
- Eremeev V., Lõhmus A., Lääniste P., Jõudu J., Talgre L., Lauringson E. (2008). The influence of thermalshock and pre-sprouting of seed potatoes on formation of some yield structure elements. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science* 58:35-42.
- Fancelli A. L. (2006). Micronutrientes en la fisiología de las plantas. En: M Vázquez (ed). *Micronutrientes en la agricultura*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina, pp. 207.
- FAO y Organización para el Año Internacional de la papa (2008). [«América del Norte»](#).
- FAO. (2014). FAOSTAT. The total world potato production. The world potato sector is undergoing major changes. En: <http://www.potatopro.com/world/potato-statistics>; consulta: 23 diciembre de 2015.
- FAO. (1998). *World Reference Base for Soil Resources*, by ISSS–ISRIC–FAO. World Soil Resources Report No. 84. Rome.
- FAO. (2001a). *Lecture notes on the major soils of the world (with CD-ROM)*, by P. Driessen, J. Deckers, O. Spaargaren & F. Nachtergaele, eds. World Soil Resources Report No. 94. Rome.
- FAO. (2001b). *Major soils of the world*. Land and Water Digital Media Series No. 19. Rome.
- FAO. (2006). *World Reference Base for Soil Resources. A Framework for International Classification, Correlation and Communication*. World Soil Resources Reports 103. FAO, Rome-Italy.
-

-
- FAO. (2009). FAOSTAT. El mundo de la papa. En: http://www.potato_2008.org/es/mundo; consulta: 14 octubre de 2015.
- FAO. (2013) Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops. Ed. Ruth Duffy. Rome. Italy, pp. 640.
- FAO. (2015). FAOSTAT. The total world potato production. Statistical progress of world potato production. En: <http://www.potatopro.com/world/potato-statistics>; consulta: 16 enero de 2016.
- FAO. (2015). Soil is a non-renewable resource. Its preservation is essential for food security and our sustainable future. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Viale delle Terme di Caracalla 00153. Rome, Italy, pp. 180.
- FAO. El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina. Boletín de suelos de la FAO. N° 51. Roma, Italia.
- FAO-ISRIC-ISSS. (1998). World Reference Base for Soil Resources (WRB). En: World Soil Resources Reports, 84, Rome. pp. 88.
- FAO-ISRIC-ISSS. 1998. World Reference Base for Soil Resources (WRB). En: World Soil Resources Reports, 84, Rome. pp. 88.
- FAO-ISRIC-IUSS. (2006). World Reference Base for Soil Resources (WRB). En: World Soil Resources Reports, 84, FAO, Rome, pp. 89.
- FAO-ISRIC-IUSS. (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB). Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación Internacional. En: Informes sobre Recursos Mundiales de suelos, 103, Roma, pp. 98.
- FAO-UNESCO. (1974). Soil Map of the World 1:5.000.000. Vol. I. Legend. UNESCO, París.
- FAO-UNESCO. (1974). Soil Map of the World 1:5.000.000. Vol. I. Legend. UNESCO, París.
- Fernandez A., Sanchez-Osuna M. (2007). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Vienna International Centre. A-1400 Vienna. Austria, pp.156.
- Fernandez R., Gonzalez P.A., Vidal V.E. (2008). Análisis de las propiedades Físicas y Químicas del suelo tras la adición de compost procedente de RSU. Centro Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Universidad de A Coruña. VII. Congreso SEAE Bullas. Murcia.
- Ferraris G. (2009). Micronutrientes en cultivos extensivos. Necesidad actual o tecnologías para el futuro. Desarrollo Rural INTA. E.E.A. Pergamino. Buenos Aires, pp. 113
- Galán E., Romero A. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. Macla 10 (2008) 48-60. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía.
- García G. L. (2013). Cultivo de patata. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, pp. 43
- García-Gil J.C. (2001). Efectos residuales y acumulativos producidos por la aplicación de compost de residuos urbanos y lodos de depuradoras sobre agrosistemas mediterráneos degradados. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Gardi C., Montanarella L., Arrouays D., Bispo A., Lemanceau P., Jolivet C., Mulder C., Ranjard L., Römcke J., Rutgers M.: Soil biodiversity monitoring in Europe: Ongoing activities and challenges, Euro. J. Soil Sci., 60, 807–819, 2009.

-
- Gascho G.J., Hubbard R.K., Brenneman T.B., Johnson A.W., Sumner D.R., Harris G.H. (2001). Effects of broiler litter in an irrigated, double-cropped, conservation-tilled rotation. *Agronomy Journal* 93, 1315-1320.
- Ghaly A.E., Alkokaik F.N. (2010). Effect of Municipal Solid Waste Compost on the Growth and Production of Vegetable Crops. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 5 (3): 274-281.
- Ghislain M., Núñez J., Herrera M.R., Spooner D.M. (2009). The single Andigenum origin of Neo-tuberosum-Tuberosum potato materials is not supported by microsatellite and plastid marker analyses. *Theor. Appl. Genet.* 118, 963-969.
- Gomez-Brandon M., Lazcano C., Dominguez J. (2008). Evaluation of stability and maturates during the composting of cattle manure, *Chemosphere*, 70: 436-441. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007.06.065.
- Gruda N., Tucher S.V., Schnitzler W.H. (2000). N-Immobilisierung in Holzfaser substraten bei der Anzucht von Tomatenjungpflanzen (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karst. ex Farw.). *J. Appl. Bot.*, 74(1-2): 32-3
- Haller P. I. (2011). Efectos de la aplicación de Lodos ERAR secados termicamente sobre la dinámica de la materia orgánica en suelos sometidos a manejos convencionales y de conservación. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Han C., Wu L., Tan W., Zhong D., Huang Y., Luo Y., Christie P. (2011). Cadmium distribution in rice plants grown in three different soils after application of pig manure with added cadmium. *Advances in Agronomy* 119, 210-218.
- Han F.X., Kingery W.L., Selim H.M., Gerard P.D. (2000). Accumulation of heavy metals in a long-term poultry waste-amended soil. *Soil Science* 165, 260-268.
- Handreck K.A., Black N.D. (2005). Growing media for ornamental plants and turf. A UNSW Press Book.
- Hawkes J.G. (1967). The history of the potato. Masters Memorial Lecture, 1966. *J. Royal Hort. Soc.* 92, 207-224. 249-262. 288-302.
- Hawkes J.G. (1983). "The diversity of crop plants". Harvard University Press, USA. pp. 50
- Hawkes J.G., Hijmans, R.J., Spooner D.M., Salas A.R., Guarino A. (1990). The potato: evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, London. pp. 259
- Hawkes J.G., Ortega J. Francisco. (1992). The potato in Spain during the late 16th century. *Econ. Bot.* 46, 86-97.
- Hawkes J. (1999). [*The evidence for the extent of N.I. Vavilov's new world Andean centres of cultivated plant origins.*](#) *Genetic Resources and Crop Evolution* 46: 163-168
- Haynes K. G., Gergela D. M., Hutchinson C. M., Yencho G. C., Clough M. E., Henninger M. R., Halseth D. E., Sandsted E., Porter G. A., Ocaya P. C. Early generation selection at multiple locations may identify potato parents that produce more widely adapted progeny. *Euphytica*. 2012, vol. 186, no. 2, pp. 573-583. ISSN: 0014-2336.
- Hirzel J., Cartagena L., Walter I. (2006). Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) production, nitrogen uptake and soil properties. 6th International Congress of "Chemistry and Sustainable Development". Vol. 2. T4-125. pp. 622-623.

-
- Hirzel J., Matus I., Novoa F., Walter I. (2007a). Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) production, and nutrient uptake. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5, 102-109.
- Hirzel J., Novoa F., Undurraga P., Walter I. (2009). Shortterm effects of poultry litter application on silage maize (*Zea mays* L.). Yield and soil chemical properties. *Compost Science and Utilization* 17, 189-196.
- Hirzel J., Rodriguez N., Zagal E. (2004). Efecto de diferentes dosis de fertilización inorgánica con N, P, K y fuente orgánica (estiércol de broiler) sobre la producción de maíz y la fertilidad del suelo. *Agricultura Técnica* 64, 365- 374.
- Hirzel J., Undurraga P., Walter I. (2007c). Mineralización de nitrógeno y disponibilidad de fósforo, potasio y micronutrientes en un suelo volcánico enmendado con cama de Broiler. pp. 71-74. XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo. 17 al 21 septiembre. León, Guanajuato, México.
- Hirzel J., Undurraga P., Walter I. (2010). Mineralization of nitrogen and nutrients released in a volcanic soil amended with poultry manure. *Chilean Journal Agricultural Research* 70, 113-121.
- Hirzel J., Walter I. (2008). Availability of nitrogen, phosphorous and potassium from poultry litter and conventional fertilizers in a volcanic soil cultivated with silage corn. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68, 264-273.
- Hirzel J., Walter I., Undurraga P., Cartagena M. (2007b). Residual effects of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) growth and soil properties derived from volcanic ash. *Soil Science and Plant Nutrition (Tokio)* 53, 480-488.
- Hirzel J.P., Salazar F.S. (2011). Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización en los cultivos. *Técnicas de suelos, agua y vegetación en territorios degradados*. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Temuco, Chile. ISSN 0716-6192.
- INE. Instituto Nacional de Estadística. Notas de Prensa. 7 de Octubre 2014. INbase-www.ine.es.
- ITACYL-AEMET. (2013). *Atlas Agroclimático de Castilla y León*. Junta de Castilla y León (JCyL) y el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Subdirección de Infraestructuras Agrarias del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL). Sistema de información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). 2013. Disponible en: <http://atlas.itacyl.es>
- Jimenez E.I., Garcia V.P. (1992). Determination of maturity indices for city refuse composts. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 38: 331-343, DOI: 10.1016/0167-8809(92)90154-4
- Jones J.B. (1972). Plant tissue analysis for micronutrients. In: *Micronutrients in Agriculture*, Mortvedt J.J., Giordano P.M., Lindsay W.L. (Eds.). Soil Science Society of America (SSSA), Madison, Wisconsin, pp. 319-346
- Julca-Otiniano A., Meneses-Florián L., Blas-Sevillano R., Bello-Amez S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA*. Chile. Volumen 24, N°1, pp. 49-61.
- Junta de Castilla y León (1999). Estudio Piloto para la Determinación de los Niveles de Fondo y Valores de Referencia para Metales en los Suelos de la Provincia de Valladolid. Documento de Síntesis. Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente, Valladolid, pp. 32
-

-
- Juzepczuk S.W., Bukasov S.M. (1929). A contribution to the question of the origin of the potato. Proc. USSR Congr. Genet. Plant Anim. Breed. 3, 592-611.
- Kabata-Pendias A. (2004). Soil-plant transfer of trace elements. An environmental issue. Geoderma 122, 143-149
- Kabata-Pendias A. (2000). Trace elements in soils and plants. Third Edition. CRC Press. Boca Raton, USA, pp. 413.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. (1984). Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 135
- Kabata-Pendias A., Pendias H. (1992). Trace Elements in Soils and Plants. 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 365
- Kapetanios E.G., Loizidou M. (1992). Heavy metal removal by zeolite in tomato cultivation using compost. Acta Hort., 302: 63–74.
- Kianirad M., Muazardalan M., Savaghebi G., Farahbakhsh M., Mirdamadi S. (2009). Effects of temperature treatment on corn cob composting and reducing of composting time: a comparative study. Waste Management & Research.
- Kianirad M., Muazardalan M., Savaghebi G., Farahbakhsh M., Mirdamadi S. (2009). Effects of temperature treatment on corn cob composting and reducing of composting time: a comparative study. Waste Management & Research.
- Klaus G. (2015). Soil a Precious Natural Resource. National Research Programme. Swiss Confederation. Ed. Ellen Russon. Zurich, Suiza, pp. 97.
- Kloosterman B., Vorst O., Hall R.D., Visser R.G., Bachem C. (2005). Tuber on a chip: Differential gene expression during potato tuber development. Plant Biotechnology Journal 3:505-519
- Ko H.J., Kim K.Y., Kim H.T., Umeda M. (2008). Evaluation of maturity parameters and heavy metal content in composts made from animal wastes. Waste Manage., 28: 813-820. DOI: 10.1016/j.wasman.2007.05.010.
- Krewer G., Ruter J., NeSmith S., Clark J., Otts T., Scarborough S., Mullinix B. (2002). Performance of low cost organic materials as blueberry substrates and soil amendments. Acta Hort., 574: 273–279.
- Lee T.M., Lai H.Y., Chen Z.S. (2004). Effect of chemical amendments on the concentration of cadmium and lead in long-term contaminated soils. Chemosphere 57, 1459-1471.
- Lujan L. (1990). [Evolución de la Papa Cultivada](#). Rev. Papa 1: 4- 10.
- MAGRAMA. (2012). *Provincia de Burgos. Tomo 11*. En: Fernández J., Curt M. D., Agüado P. L., Abellán J., García C. Caracterización de las Comarcas Agrarias de España. Edita: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Madrid. España. 2012. pp. 156-206
- MAGRAMA. (2014). Avance Anuario de Estadística. Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente 2014. Subdirección General de Estadística. En: <http://publicacionesoficiales.boe.es>; y en sgestadi@magrama.es. Consulta: 21 octubre de 2015.
- MAGRAMA. (2015). Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. Anuario de Estadística Agraria. Datos Provisionales 2014. Avances 2015. En: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/> consulta: 21 octubre de 2015.
- MAGRAMA.(2014). Encuesta sobre superficies y Rendimientos. ESYRCE. Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estadística. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. NIPO: 280-13-016-9. Madrid. España.2012.pp.44.
-

-
- Maldonado R.P. (1990). "Papa, su definición". En: Extensión, Universidad Veracruzana Ed. Departamento de Divulgación de la Ciencia, Universidad Veracruzana, México. No. 18:16
- MAPA. (1986). Mapa de Aprovechamientos y Cultivos de la Provincia de Alicante. Escala 1:200000. Dirección General de la Producción Agraria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), Madrid, pp. 102.
- MAPA. (1994). Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), Madrid, pp. 324.
- Mark H., Brandon T., Carpintero A. (2013). Guía para la elaboración de estrategias nacionales de gestión de residuos. Avanzar desde los desafíos hacia las oportunidades. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). United Nations Environment Programme. Palais des Nations CH-1211 Geneve 10, Switzerland, pp. 113.
- Maynard A.A. (1995). Increasing tomato yields with MSW compost. *Biocycle*, 36: 104-106
- Maynard A.A. (1995). Increasing tomato yields with MSW compost. *Biocycle*, 36: 104-106.
- Mays D.A. (1973). Municipal Compost: Effects on crop yields and soil properties. *J. Environ. Q.*, 29: 89-92.
- McLaughlin M.K., Palmer L.T., Tiller K.G., Beek T.A., Smart M.K. (1994). Increased soil salinity causes elevated cadmium concentrations in field-grown potato tubers. *J. Environ. Qual.* 23, 1013-1018
- Mendoza H. A. (2008). Genética cuantitativa y mejoramiento de papas autotetraploides. En: Genética cuantitativa y mejoramiento de papas autotetraploides, Mar del Plata, Argentina, Memorias del XXIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa y VI Seminario de Uso y Comercialización de la papa, Mar del Plata, Argentina, pp. 53. ISBN 978-987-544-275-7.
- Miner G.S., Gutierrez R., King L.D. (1997). Soil factors affecting plant concentrations of cadmium, copper and zinc on sludge-amended soils. *Journal of Environmental Quality* 26, 989-994
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). (2014). *Encuestas sobre superficies y Rendimientos de Cultivos*. ESYRCE. Edic. Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estadística. Resultados 2014. Disponible en: <http://publicacionesoficiales.boe.es>
- Morales F.J. (2007). Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. *Rev. Latinoam. Papa* 14(1), 1-9.
- Moreno A.M., Pérez L., González J. (1992). Relaciones entre contenidos totales de Zn, Pb, Cu, Cd, en suelos y plantas. *Suelos y Plantas* 2, 757- 771
- Moreno R., García T., Muñoz M. (2010). Tratamiento biológico de los residuos urbanos (RU): Situación actual del tratamiento de restos vegetales y lodos de depuración en la Comunidad de Madrid. *Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*. Volumen VII.
- Naidu R., Bolan N.S. (2008). Contaminant chemistry in soils: Key concepts and bioavailability. In: Naidu, R. (Ed.), *Chemical Bioavailability in Terrestrial Environment*, Elsevier, Amsterdam. The Netherlands, pp. 9-38.
-

-
- Naidu R., Bolan N.S., Megharaj M., Juhasz A.L., Gupta S., Clothier B., Schulin R. (2008). Chemical Bioavailability in Terrestrial Environment, Elsevier, Amsterdam. The Netherlands, pp. 1-6.
- Naidu R., Oliver D., McConnell S. (2003). Heavy Metal Phytotoxicity in Soils. In: Proceedings of the Fifth National Workshop on the Assessment of Site Contamination. National Environment Protection Council Service Corporation. NEPC Service Corporation, Adelaide. Australia. pp. 235 - 241
- Nelson D.W., Sommers L.E. (1996). Total carbon, organic carbon and organic matter. *In*: Bigham, J.M. (Ed.), Methods of Soil analysis. Part 3. Chemical methods SSSA, Madison, Wisconsin, pp. 961-1010.
- Ortíz R., Golmirzaie A. M. (2003). Genetic parameters for agronomic characteristics. I. Early and intermediate breeding populations of true potato seed. *Hereditas*, vol. 139, 212–216.
- Ozores-Hampton M. (1994). Nutrient concentrations, growth and yield of tomato and squash in municipal solid- waste- amended soil. *Hortscience*, 29: 785-788.
- Pages M., Estaun V., Calvet C. (1985). Physical and chemical properties of olive marc compost. *Acta Hort.*, 172: 271–276.
- Pain B.F., Smith K.A. (1994). Organic manures and nitrate leaching. pp. 11-14. In Solving the nitrate problem, progress in research and developments. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF) Publications, London, UK.
- Paion V. (1996). Municipal tropical compost: Effects on crops and soil properties. *Compost Sci. Utilizat.*, 49: 62-69.
- Papafotiou M., Kargas G., Lytra I. (2005). Olive-mill waste compost as a growth medium component for foliage potted plants. *Hort Sci.*, 40: 1746–1750.
- Papafotiou M., Phsyalou M., Kargas G., Chatzipavlidis I., Chronopoulos J. (2004). Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia. *Scientia Hort.*, 102: 167–175.
- Pimentel D., Burgess M. (2013). Soil Erosion Threatens Food Production. ISSN 2077-0472. *Agriculture 3*, 443-463.
- Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR). 01.06.2015. pp. 1-149.
- Plan Integral de Residuos de Castilla y León. Junta de Castilla y León. Consejería de Fomento y Medio Ambiente.
- Plan Regional de Ámbito Sectorial de Residuos Industriales de Castilla y León (2006-2010). Aprobado por Decreto 48/2006, de 13 de julio, modificado por Decreto 45/2012, de 27 de diciembre
- Plan Regional de Ámbito Sectorial de Residuos Urbanos y Residuos de Envases de Castilla y León (2004-2010). Aprobado por el Decreto 18/2005, de 17 de febrero)
- PNUMA. (2013). Guía para la elaboración de estrategias para la gestión de residuos. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- Prasad M., Maher M.J. (2001). The use of composted green waste as a growing medium component. *Acta Hort.*, 549: 107–112.
- Prieto M.J., González R.C., Román G.A., Prieto G.F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en las plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 29- 44
- Programa Estatal de Prevención de Residuos 2014-2020
- Publicaciones de la SGAPC. Análisis y Prospectiva. Serie Medio Ambiente. Nº 7, abril 1014. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España. <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
-

-
- Rattan L. (2015) Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. ISSN 2071-1050. Sustainability 7, 5875-5895.
- Raviv M., Wallach R., Silber A., Bar-Tal A. (2002). Substrates and their analysis. In D. Savvas & H. Passam, eds. Hydroponic production of vegetables and ornamentals, pp. 25–102. Embrio publications, Athens. 463 pp
- Revisión de normativas. Umbrales de contaminación. Elementos traza. pp. 102-164
- Rhoades J.D. (1996). Salinity. Electrical conductivity and total dissolved solids, *In* : Bigham, J.M. (Ed.) Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. SSSA, Madison, Wisconsin, pp. 417-435.
- Ríos D.M., Ghislain M., Rodríguez F., Spooner D.M. (2007). What is the origin of the European potato? Evidence from Canary island landraces. *Crop Sci.* 47, 127-128.
- Rodriguez M.P. (2007). Contribución al conocimiento de los regímenes de temperatura de los suelos de la isla de Tenerife. Tesis Doctoral. Universidad La Laguna. Tenerife.
- Roland Schafleitner, Julian Ramirez, Andy Jarvis, Daniele Evers, Raymundo Gutierrez, and Mariah Scurrah. *Crop Adaptation to Climate Change*, First Edition. Edited by Shyam S. Yadav, Robert J. Redden, Jerry L. Hatfield, Hermann Lotze-Campen and Anthony E. Hall. 2011 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2011 by Blackwell Publishing Ltd.
- Ruiz R. (2005). Uso de lodos en especies frutales. pp. 73-84. Serie Actas INIA N° 27. In González, S., F. Tapia y R. Ruiz (eds.). Seminario Uso Benéfico de Lodos, proyecto “Valorización de lodos como fertilizante”. INIA CRI La Platina, Santiago Chile.
- Salomon J., Diaz S., Castillo H. (2014). Evaluación morfoagronómica de progenies de semilla botánica de papa (*Solanum tuberosum*, L.). *Cultivos tropicales* 35, 75-84.
- Sarkar D. (2008). The signal transduction pathways controlling in planta tuberization in potato: An emerging synthesis. *Plant Cell Reports* 27: 1–8.
- Seoánez M., Chacón A.J., Gutiérrez A., Angulo I. (1999). Contaminación del Suelo: Estudios, Tratamiento y Gestión. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 352
- Sharma A. K., Venkatasalam E. P., Kumar V. Potato mini-tuber production during main and off crop seasons in high hills of north-western Himalaya. *Potato J.*, 2013. vol. 40, no. 1, pp. 29-37. ISSN: 1871-4528.
- Sierra C., Rojas C. (2008). La materia orgánica y su efecto como enmienda y mejorador de la productividad de los cultivos. AIDR. Lima. Perú.
- Smith S.R. (2009). A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste compost compared to sewage sludge. *Environment International* 35, 142-156
- Soil Survey Division Staff (1993) *Soil Survey Manual*. United States, Department of Agriculture, Handbook N° 18, pp. 436.
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soil Taxonomy*. USA Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Twelfth Edition, pp 340.
- Spinetti Berti M. (1990). «Breve historia de la Bella americana». *La papa*. San Cristóbal, Venezuela. pp. 180.
- Spooner D. M., McLean K., Ramsay G., Waugh R., Glenn J.B. (2005). «A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping». *Proceedings of the National Academy of Sciences*. pp. 102.
-

-
- Spooner D. M., Núñez J., Trujillo G., Herrera M.R., Guzmán F., Ghislain M. (2007). Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major reevaluation of their gene pool structure and classification. *PNAS* 104, 19398-19403.
- Steenvoorden J.H., Fonk H., H.P. Oosterom H.P. (1986). Losses of nitrogen from intensive grassland systems by leaching and surface runoff. pp. 85-97. In H.G. van der Meer et al. (ed.) *Nitrogen fluxes in intensive grassland system*. Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht, the Netherlands.
- Struik P., Van der Putten P. (2006). Caldiz, D. O. y Scholte, K. Response of Stored **Potato** Seed Tubers from Contrasting Cultivars to Accumulated Day-Degrees. *Crop. Sci*, vol. 46, 1156-1168.
- Sukhotu T., Kamijima O., Hosaka K. (2005). Genetic diversity of the Andean tetraploid cultivated potato (*Solanum tuberosum* L. ssp. *andigena* Hawkes) evaluated by chloroplast and nuclear DNA markers. *Genome* 48, 55-66.
- Sullivan P. (2007). El manejo sostenible de Suelos. El servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible.(ATTRA). 1-800-411-3222. En: www.attra.ncat.org.
- Summer M.E., Miller W.P. (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. *Methods of soils analysis. Part 2. Chemical properties*. 3° Ed. Sparks. ASA, SSSA, CSSA. Madison W.
- Suttle J.C. (2007). Dormancy and sprouting. pp. 287-305. En: vreugdenhil, D. (ed.). *Potato biology and biotechnology advances and perspectives*. Elsevier, Amsterdam.
- Tattini M., Traversi M.L., Barberis R., Nappi P., Kociolek P. (1992). Waste materials as potting media for olive growth. *Acta Hort.*, 302: 249-256.
- Thomas G. W. (1996). Soil pH and soil acidity. *In: Bigham, J.M. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*. ASASSSA, Madison, Wisconsin, pp. 475-489.
- Ugent D. (1970). The potato: what is the origin of this important crop plant, and how did it first become domesticated? *Sci*. 170, 1161-1166.
- Ugent D., Pozorski Shelia., Pozorski Thomas. (1982). Archaeological potato tuber remains from the Casma valley of Peru. *Economic Botany* 36 (2): 182-192.
- USDA. (1996). Sample collection and preparation. Laboratory preparation of soil samples (1B). Standard air-dry. In: USDA (Ed.), *Soil Survey Laboratory*. USA
- Van den Berg R.G., Jacobs M.J. (2007). Potato biology and biotechnology advances and perspectives. Capítulo 4: Molecular taxonomy. Vreugdenhil, D. (ed.). Elsevier, Amsterdam, pp. 55-74.
- Wang C.M., Change C.M., Watson M.E., Dick W.A., Chin Y. (2004). Maturity Indices of composted dairy and Pig manure. *Soil Biol. Biochem.*, 36: 767-776. DOI: 10.1016/j.soilbio.2003.12.012
- Witte H., Langenohl T., Offenbacher G. (1988). Investigaron of the entry of organic pollutants into soils and plants through the use of sewage sludge in agriculture. Part A. Organic pollutant load in sewage sludge. Part B. Impact of the appiication of sewage sludge on organic matter contents insoils and plants. *Korresponding Abwasser*, 13:118-136.
-

CAPÍTULO X

ANEXOS

ANEXO I

LEYENDA DE LOS MAPAS GEOLÓGICOS

SOBRECARGAS USADAS PARA CAMBIOS DE FACIES



Litofacies carbonatadas



Litofacies de conglomerados y areniscas



Litofacies sulfatadas

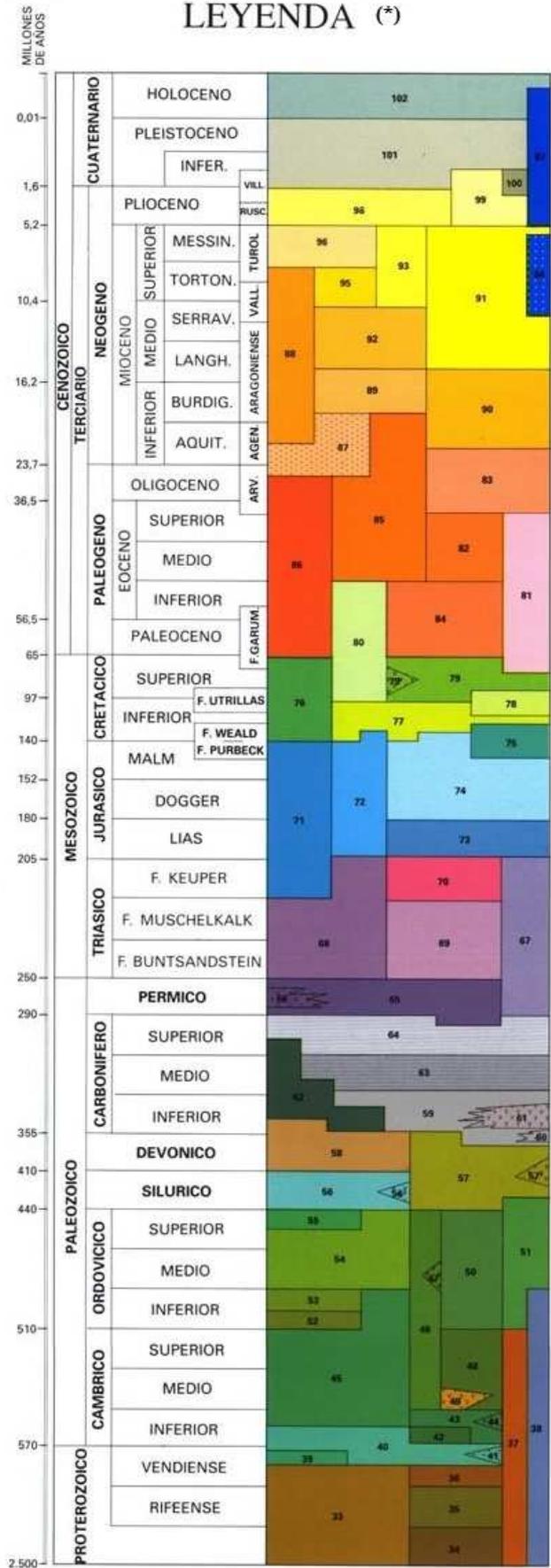


Litofacies de conglomerados

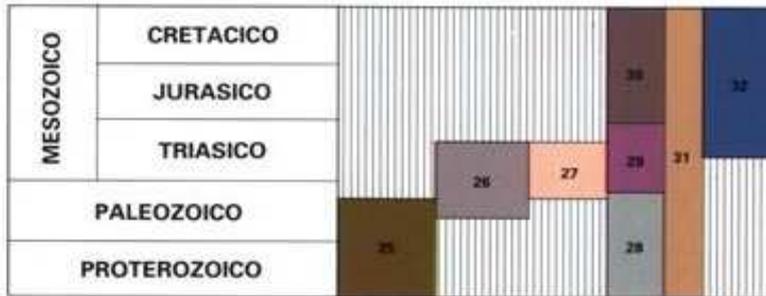
TEXTO DE LA LEYENDA

- 101 y 102.- Conglomerados, gravas, arenas y limos
87 a 100.- Conglomerados, areniscas, arcillas, calizas y evaporitas. Vulcanitas básicas
84 a 86.- Turbiditas calcáreas
80 a 83.- Conglomerados, areniscas, arcillas y calizas. Evaporitas
76 a 79.- Calizas, dolomías y margas. Areniscas
71 a 75.- Calizas, dolomías y margas. Conglomerados y areniscas
67 a 70.- Conglomerados, areniscas, calizas, yesos y arcillas versicolores
65 y 66.- Conglomerados, areniscas y lutitas. Vulcanitas.
59 a 64.- Conglomerados, areniscas, pizarras, calizas y vulcanitas. Carbón.
56 a 58.- Areniscas, pizarras y calizas
40 a 55.- Cuarcitas, pizarras, areniscas, calizas y vulcanitas
33 a 39.- Gneíses, esquistos, mármoles y vulcanitas
29 a 32.- Rocas sedimentarias (Béticas, zonas internas)
22 a 28.- Rocas metamórficas.
 21.- Rocas básicas y ultrabásicas
18 a 20.- Rocas plutónicas alpinas
 17.- Granitoides alcalinos postcinemáticos
15 y 16.- Plutonismo orogénico calcoalcalino toleítico
13 y 14.- Plutonismo orogénico colisional peralumínico
11 y 12.- Granitoides postcinemáticos de emplazamiento epizonal
09 y 10.- Granitoides de emplazamiento epi-mesozonal
01 a 08.- Granitoides de emplazamiento meso-catazonal

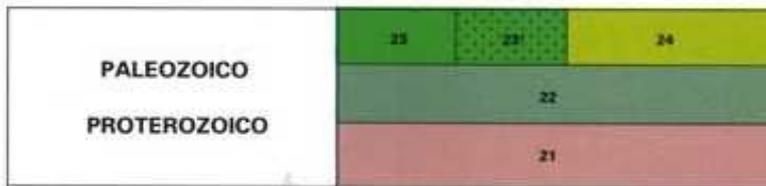
LEYENDA (*)



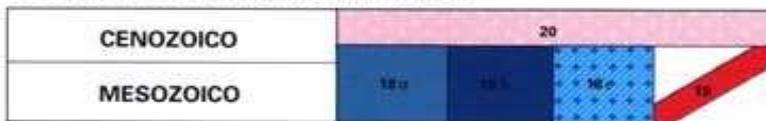
BLOQUE DE ALBORAN



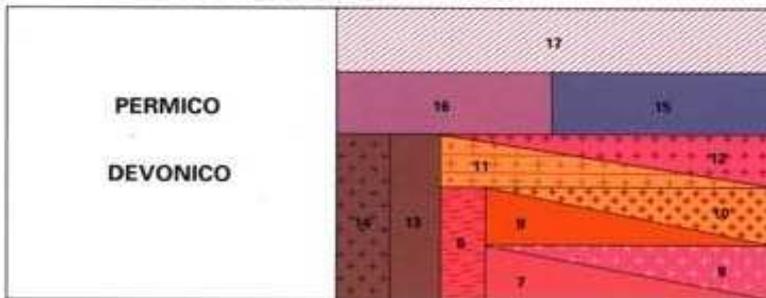
UNIDADES ALOCTONAS DEL MACIZO HESPERICO



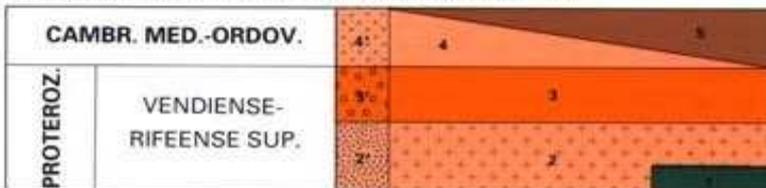
ROCAS PLUTONICAS ALPINAS



ROCAS PLUTONICAS HERCINICAS



ROCAS PLUTONICAS PREHERCINICAS



(*) En el texto de la Leyenda, las unidades cartográficas se han agrupado con criterio cronoestratigráfico, destacando sólo las litologías más significativas.

VARIEDAD AGATA (BM72-52 X SIRCO)

Procedencia		Holanda
<i>Características Agrícolas</i>		
Maduración	:	Temprana
Dormancia	:	Corta a Semilarga
Tubérculos	:	Grandes de forma oval
<ul style="list-style-type: none"> • Color de la piel • Color de la carne • Ojos 	:	Amarilla Amarillo pálido Superficiales
Materia seca	:	baja
Calidad Culinaria y usos	:	Apta para consumo en fresco.
<ul style="list-style-type: none"> • Firmeza al cocer 	:	Firme. Poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>		
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	:	Bastante sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	:	Medianamente resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	:	Medianamente resistente
Virus X	:	Muy sensible
Virus Y	:	Bastante resistente
Sarna verrugosa	:	Resistente
Sarna común	:	Bastante sensible
Nematodo del quiste	:	Resistente al patotipo Ro1



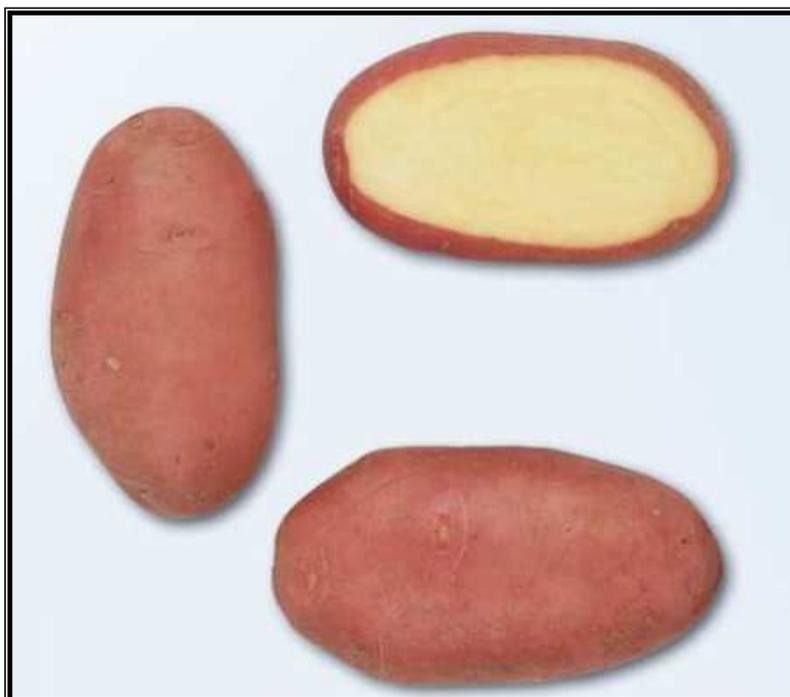
VARIEDAD AGRIA (QUARTA X SEMLO)

Procedencia	Holanda
<i>Características Agrícolas</i>	
Maduración	: Semitemprana a semitardía
Dormancia	: Longa
Tubérculos	: Grandes de forma oval alargada
• Color de la piel	: Amarilla
• Color de la carne	:
• Ojos	: Superficiales
Materia seca	: Bueno
Calidad Culinaria y usos	: Apta para patatas fritas
• Firmeza al cocer	: Bastante firme.
<i>Resistencia a Enfermedades</i>	
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	: Bastante sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	: Bastante resisitente
Virus del enrollamiento (PLRV)	: Medianamente resistente
Virus X	: Resistente
Virus Y	: Yn Buena resistencia
Sarna verrugosa	:
Sarna común	:
Nematodo del quiste	: Resistente al patotipo Ro1



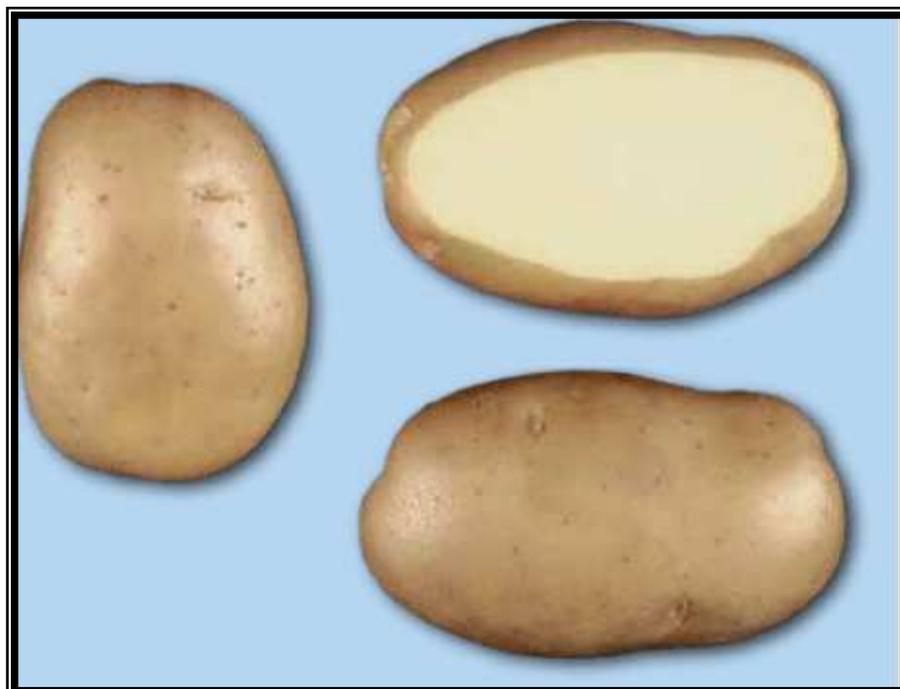
VARIEDAD AMOROSA (ARINDA X IMPALA)

Procedencia	Holanda
<i>Características Agrícolas</i>	
Maduración	: Semitemprana
Dormancia	: Curta a semi-longa
Tubérculos	: Grandes, de forma oval alargada
• Color de la piel	: Roja
• Color de la carne	:
• Ojos	: Bastante superficiales
Materia seca	: Mediano
Calidad Culinaria y usos	: Apta para consumo en fresco
• Firmeza al cocer	: Firme. Poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>	
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	: Sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	: Medianamente resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	: Medianamente resistente
Virus X	: Medianamente resistente
Virus Y	: Buena resistencia
Sarna común	: Mediana a baja resistencia
Nematodo del quiste	: Resistente al patotipo Ro1



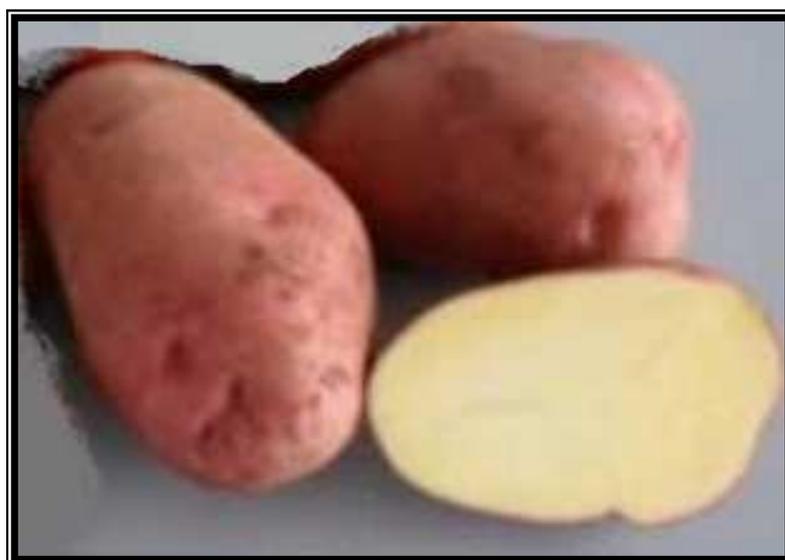
VARIEDAD BARAKA (SVP 50-358 X AVENIR)

Procedencia	Holanda
<i>Características Agrícolas</i>	
Maduración	: Tardía
Dormancia	: Semi-longa a longa
Tubérculos	: Grandes de forma oval
• Color de la piel	: Amarillo
• Color de la carne	:
• Ojos	: Bastante superficiales
Materia seca	: Alto
Calidad Culinaria y usos	: Apta para consumo en fresco
• Firmeza al cocer	: Firme. Poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>	
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	: Bastante sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	: Medianamente resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	: Buena resistencia
Virus X	: Buena resistencia
Virus Y	: Buena resistencia
Virus A	: Muy buena resistencia
Sarna común	: muy sensible



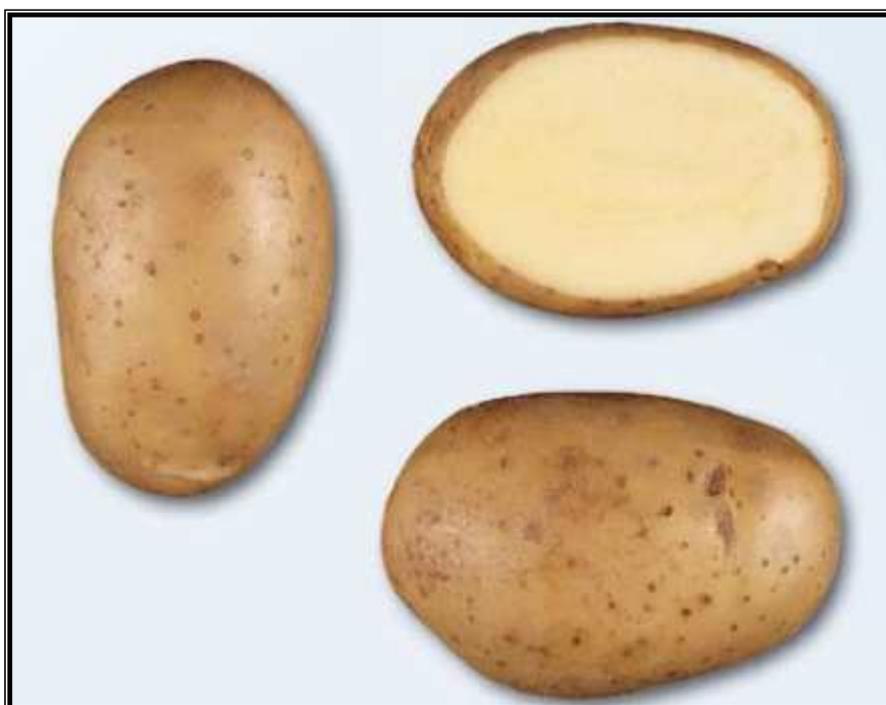
VARIEDAD CLON A7677 (APHRODITE XC387521) ♀

Procedencia	Holanda
<i>Características Agrícolas</i>	
Maduración	: Precoz
Dormancia	: Corta
Tubérculos	: Oval alargada
• Color de la piel	: Roja
• Color de la carne	: Amarilla
• Ojos	: Semi profunda. Superficiales
Materia seca	: Buena
Calidad Culinaria y usos	: Consumo en fresco. Patatas fritas
• Firmeza al cocer	:
<i>Resistencia a Enfermedades</i>	
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	: Ligeramente
<i>P. infestans</i> tubérculo	: Resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	: Muy resistente
Virus X	: Resistente
Virus Y	: Muy buena resistencia
Sarna verrugosa	: Moderada resistencia
Sarna común	: Moderada resistencia
Nematodo del quiste	: Moderadamente resistente



VARIEDAD CLON D

Procedencia	Holanda
<i>Características Agrícolas</i>	
Maduración	: Semitemprana
Dormancia	:
Tubérculos	: Oval
• Color de la piel	: Amarillo
• Color de la carne	: Blanca
• Ojos	: Superficiales
Materia seca	: Bajo
Calidad Culinaria y usos	: Apta para consumo en fresco. No apto frito
• Firmeza al cocer	: Firme. Poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>	
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	: Sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	: Medio resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	: Bastante sensible
Virus X	: Resistente
Virus Y	: Medianamente resistente
Sarna verrugosa	: Ligeramente sensible
Sarna común	: Sensible
Nematodo del quiste	: Resistente al patotipo Ro 1



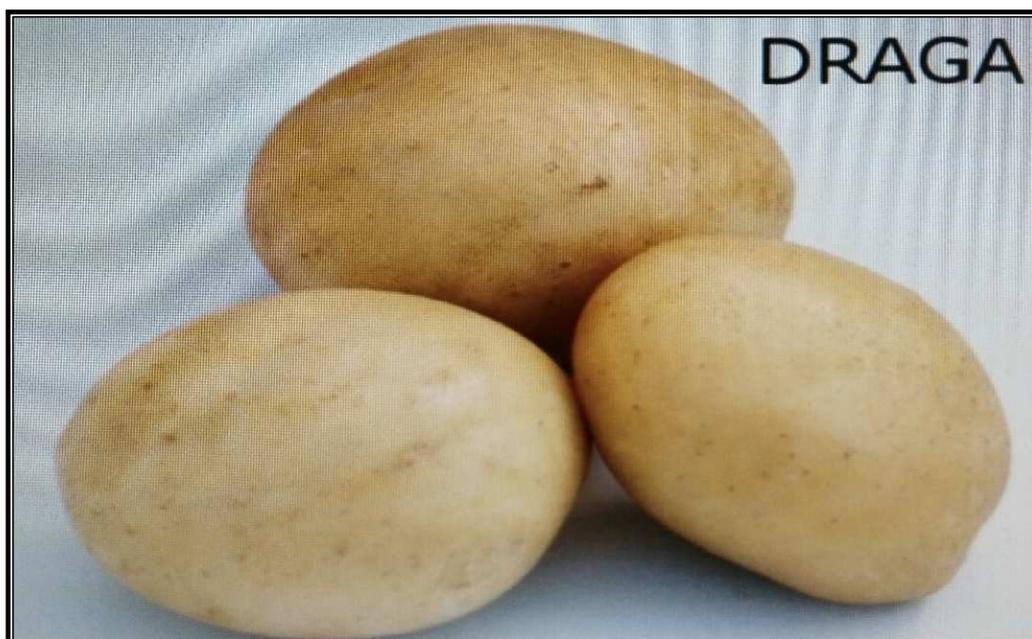
VARIEDAD DESIREE (URGENTA X DESPESCHE)

Procedencia	Holanda
<i>Características Agrícolas</i>	
Maduración	: Semitemprana a semitardía
Dormancia	: Semi-longa
Tubérculos	: Grandes de forma oval
<ul style="list-style-type: none"> • Color de la piel • Color de la carne • Ojos 	: Roja : : Superficiales
Materia seca	: Bueno
Calidad Culinaria y usos	: Apta para consumo en fresco y patatas fritas
<ul style="list-style-type: none"> • Firmeza al cocer 	: Firme. Poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>	
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	: Bastante sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	: Buena resistencia
Virus del enrollamiento (PLRV)	: Bastante sensible
Virus X	: Bastante resistente
Virus Y	: Muy Resistente
Virus A	: Resistente
Sarna común	: Sensible
Sarna verrugosa	: Resistente



VARIEDAD DRAGA (SVP 50-2017 X MPI19268)

Procedencia	Holanda
<i>Características Agrícolas</i>	
Maduración	: Semitemprana
Dormancia	: Muy longa
Tubérculos	: Grandes de forma oval
• Color de la piel	: Amarilla
• Color de la carne	:
• Ojos	: Semiprofundos
Materia seca	: Bajo
Calidad Culinaria y usos	: Apta para consumo en fresco
• Firmeza al cocer	: Firme. Poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>	
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	: Sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	: Bastante resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	: Bastante resistente
Virus X	: Bastante sensible
Virus Y	: Moderada resistencia
Sarna verrugosa	: Resistente
Sarna común	: Medianamente resisitente
Nematodo del quiste	:



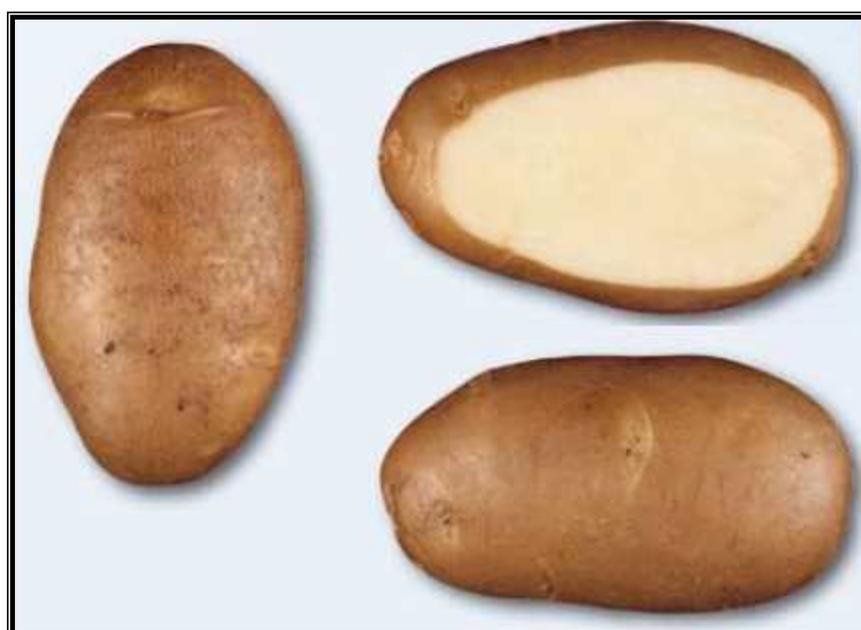
VARIEDAD FABULA (MONALISA X HUDSON)

Procedencia	Holanda
<i>Características Agrícolas</i>	
Maduración	: Semitemprana A SEMITARDÍA
Dormancia	: Muy longa
Tubérculos	: Grandes de forma oval
<ul style="list-style-type: none"> • Color de la piel • Color de la carne • Ojos 	: Amarilla : : Superficiales
Materia seca	: Muy bajo
Calidad Culinaria y usos	: Apta para consumo en fresco
<ul style="list-style-type: none"> • Firmeza al cocer 	: Firme. Esporádico ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>	
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	: Bastante sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	: Bastante resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	: Bastante resistente
Virus X	: Bastante sensible
Virus Y	: Buena Resistencia
Sarna verrugosa	: Resistente
Sarna común	: Bastante resistente
Nematodo del quiste	: Resistente al patotipo Ro1



VARIEDAD INNOVATOR (SHEPODY X RZ-84-2580)

Procedencia		Holanda
<i>Características Agrícolas</i>		
Maduración	:	Semitemprana
Dormancia	:	Longa
Tubérculos	:	Grandes, de forma oval alargada
<ul style="list-style-type: none"> • Color de la piel • Color de la carne • Ojos 	:	Parda roja : Superficiales
Materia seca	:	Bueno a mediano
Calidad Culinaria y usos	:	Apta para consumo en fresco y patatas fritas
<ul style="list-style-type: none"> • Firmeza al cocer 	:	Firme. Esporádico a poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>		
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	:	Buena resistencia
<i>P. infestans</i> tubérculo	:	Bastante resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	:	Medianamente resistente
Virus X	:	Medianamente resistente
Virus Y	:	Medianamente resistente
Sarna verrugosa	:	Resistente
Sarna común	:	Medianamente resistente
Nematodo del quiste	:	Resistente al patotipo Pa3



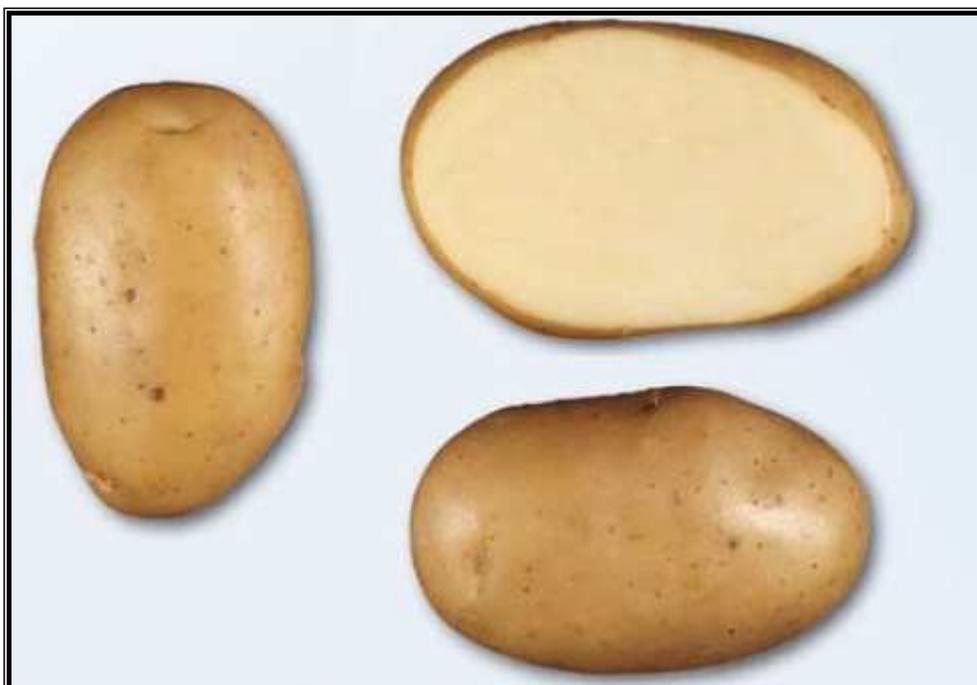
VARIEDAD JAERLA (SIRTEMA X MPI 19268)

Procedencia		Holanda
<i>Características Agrícolas</i>		
Maduración	:	Muy temprana a temprana
Dormancia	:	Longa
Tubérculos	:	Grandes a grandes, de forma oval redondea
• Color de la piel	:	Amarilla
• Color de la carne	:	
• Ojos	:	Bastante superficiales
Materia seca	:	Muy bajo
Calidad Culinaria y usos	:	Apta para consumo en fresco
• Firmeza al cocer	:	Firme. Poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>		
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	:	Muy sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	:	Bastante resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	:	Medianamente resistente
Virus X	:	Bastante resistente
Virus Y	:	Medianamente resistente
Virus A	:	Bastante resistente
Sarna común	:	Medianamente resistente
Sarna verrugosa	:	Resistente



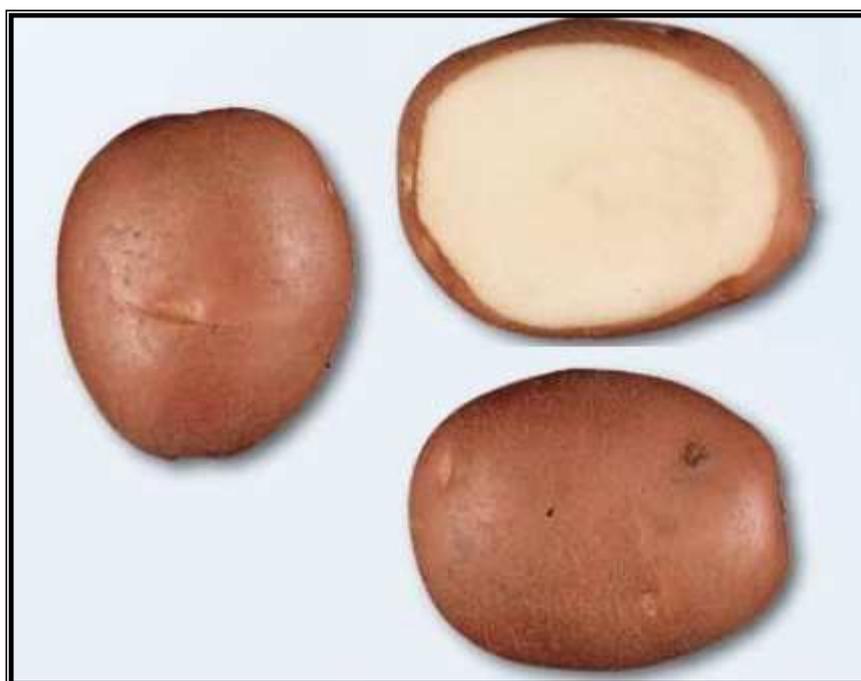
VARIEDAD MONALISA (BIERMA A 1-287 X COLMO)

Procedencia		Holanda
<i>Características Agrícolas</i>		
Maduración	:	Semitemprana
Dormancia	:	Semi-longa a longa
Tubérculos	:	Grandes de forma oval
• Color de la piel	:	Amarilla
• Color de la carne	:	
• Ojos	:	Superficiales
Materia seca	:	Bajo
Calidad Culinaria y usos	:	Apta para consumo en fresco
• Firmeza al cocer	:	Firme. Esporádico ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>		
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	:	Sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	:	Medianamente resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	:	Bastante resistente
Virus X	:	Bastante resistente
Virus A	:	Resistente
Sarna verrugosa	:	Resistente
Sarna común	:	Sensible



VARIEDAD ROMANO (DRAGA X DÉSIRÉE)

Procedencia	Holanda
<i>Características Agrícolas</i>	
Maduración	: Semitemprana
Dormancia	: Longa
Tubérculos	: Mediano de forma oval
• Color de la piel	: Roja
• Color de la carne	:
• Ojos	: Semiprofundos
Materia seca	: Mediano
Calidad Culinaria y usos	: Apta para consumo en fresco
• Firmeza al cocer	: Firme. Poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>	
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	: Bastante sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	: Bastante resistente
Virus del enrollamiento (PLRV)	: Bastante sensible
Virus X	: Bastante resistente
Virus Y	: Bastante resistente
Virus A	: Bastante resistente
Sarna verrugosa	: Resistente
Sarna común	: Medianamente resistente



VARIEDAD SINORA (AGRIA X AM 70-2166)

Procedencia		Holanda
<i>Características Agrícolas</i>		
Maduración	:	Semitemprana
Dormancia	:	Semi-longa
Tubérculos	:	Grandes de forma oval
• Color de la piel	:	Amarilla
• Color de la carne	:	
• Ojos	:	Bastante superficiales a semiprofundos
Materia seca	:	Bueno
Calidad Culinaria y usos	:	Apta para patatas fritas y chips.
• Firmeza al cocer	:	Firme. Poco ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>		
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	:	Bastante sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	:	Buena resistencia
Virus del enrollamiento (PLRV)	:	Medianamente resistente
Virus X	:	Buena resistencia
Virus Y	:	Moderada resistencia
Sarna común	:	Sensible
Nematodo del quiste	:	Resistente al patotipo Ro1



VARIEDAD SPUNTA (BÉA X USDA 96-56)

Procedencia		Holanda
<i>Características Agrícolas</i>		
Maduración	:	Semitemprana
Dormancia	:	Semi-longa a longa
Tubérculos	:	Muy grandes, de forma larga
• Color de la piel	:	Amarilla
• Color de la carne	:	
• Ojos	:	Muy superficiales
Materia seca	:	Bueno a mediano
Calidad Culinaria y usos	:	Apta para consumo en fresco
• Firmeza al cocer	:	Firme. Esporádico ennegrecimiento
<i>Resistencia a Enfermedades</i>		
<i>Phytophthora infestans</i> hoja	:	Bastante sensible
<i>P. infestans</i> tubérculo	:	Sensible
Virus del enrollamiento (PLRV)	:	Bastante resistente
Virus X	:	Medianamente resistente
Virus A	:	Resistente
Sarna verrugosa	:	Resistente
Sarna común	:	Bastante sensible
Sarna verrugosa	:	Resistente

