CAPITULO 1

Identificación de Zonas de Producción de Papa Diploide (*Solanum phureja* Juz. et. Buk.)

Carlos Alberto Abaunza González[1a], María del Socorro Cerón Lasso[1b], Yaquelin Molina Cita[1b], Lilia Astrid Ortiz Ortiz[2]

Resumen

La papa diploide *(Solanum phureja* Juz. et. Buk.*)* se encuentra en el grupo de cultivares que Colombia ha apostado en su estrategia productora y exportadora, con oportunidades de mercado nacional identificadas, indicadores de competitividad y potencialidad para incrementar la incursión en los mercados internacionales. La priorización de productos promisorios, como este tubérculo, demandó por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y de las entidades vinculadas con el sector, un estudio para identificar las áreas con potencial para el desarrollo de los cultivos, obteniendo la identificación de regiones productoras que ofrecen mejores características para la producción cuando las condiciones edafoclimáticas, fitosanitarias del cultivo y, la infraestructura física y social son consideradas. Cuatro municipios se identificaron en el Departamento de Cundinamarca. Es importante continuar investigando en temas relacionados con el desarrollo y las interacciones entre el genotipo y el ambiente, sobre la expresión de las características agronómicas y su utilización rentable a partir del rendimiento y calidad industrial de los tubérculos, para cada ambiente a nivel de las zonas de producción en Colombia y especialmente para el Departamento de Cundinamarca, que es el primer productor del tubérculo diploide por su área cultivada y los volúmenes de producción.

Palabras Clave: región andina, zonificación de suelos, localización de la producción, factores ambientales.

[1a] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Nataima, Espinal, Tolima-Colombia.
[1b] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca-Colombia.
[2] Ingeniera Forestal, Consultora Particular.

Abstract

Diploid potato *(Solanum phureja* Juz. et. Buk.*)* is found in the group of cultivars that Colombia has bet in its production and export strategy, with identified national market opportunities, competitiveness indicators, and potentiality for increasing incursion into international markets. Prioritization of promising products, such as this tuber, demanded by Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural and the entities linked to the sector, a study to identify areas with potential for the development of crops, obtaining the identification of producing regions that offer better characteristics for production when edaphoclimatic conditions, phytosanitary of crop and, physical and social infrastructure are considered. Four municipalities were identified in Departamento de Cundinamarca. It is important to continue researching on issues related to development and interactions between genotype and environment, on the expression of agronomic characteristics and their profitable use based on yield and industrial quality of tubers, for each environment a level of production areas in Colombia and especially for Departamento de Cundinamarca, which is the leading producer of diploid tuber due to its cultivated area and production volumes.

Keywords: Andean region, soil zoning, localization of production, environmental factors.

SECCIÓN 1

Introducción

El cultivo de la papa diploide es uno de los sistemas productivos de clima frío más importante en Colombia, adaptándose a un rango de altura entre los 2.600 y 3.000 msnm, aunque hay zonas donde se siembra por encima de los 3000 msnm. Sin embargo, en Colombia existen restricciones para el cultivo agrícola a esas cotas según la Ley 1930 del 27 de julio de 2018, de 3.200 y 3.400 msnm, donde la preservación de ecosistemas de paramo es fundamental. En 2018 el área cultivada fue de 8.460 ha y una producción de 129.014 t (Agronet, 2022a), por lo que es una importante fuente de trabajo rural, considerando una ocupación promedio de 201 jornales/ha.

La creciente demanda de los mercados externos por esta papa ha llevado a Colombia a ubicarse como el principal país abastecedor del tubérculo en países de la Eurozona, Estados Unidos y Japón; a donde algunos agricultores continúan exportando (Agronet, 2022b). El Tratado de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos que elimina el arancel correspondiente a la papa amarilla (gravamen que lo paga el país exportador), constituye una ventaja para la exportación de este producto agrícola (United States International Trade Commission [USITC], 2020). Empero, las cifras revelan un fuerte descenso desde la firma del TLC con Estados Unidos, pues las exportaciones a dicho país se debilitaron hasta llegar en el 2014 al 2% del volumen exportado de papas congeladas y sin congelar; en general hubo una reducción del 96,5% de este volumen, cuando se compara el volumen del 2014 con respecto al del 2011 (Ospina, 2015).

Las exportaciones más importantes de diploide procesada fueron realizadas a los Estados Unidos, Japón y Panamá. Pero los volúmenes en el año 2019 cayeron ostensiblemente, puesto que en el año 2017 el valor exportado fue de USD FOB 3.123.423, mientras que para el año 2018 este valor disminuyó a USD FOB 2.886.843 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2019).

Dado el potencial comercial de este tubérculo a nivel nacional e internacional, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), actualmente AGROSAVIA, con el financiamiento del MADR, llevó a cabo una investigación para la generación de nuevas variedades de papa nativa diploide en el Departamento de Cundinamarca con miras a la exportación (Cerón et al., 2013), para lo cual se propuso identificar y caracterizar las zonas de producción bajo condiciones edafoclimáticas y fitosanitarias del cultivo, así como la infraestructura física y social, las áreas cultivadas y los volúmenes de producción del tubérculo en este departamento.

Metodología

En los años 2009 y 2010 se recorrieron los municipios y veredas productoras de papa diploide en el Departamento de Cundinamarca (Colombia) y se seleccionaron para la investigación los Municipios de El Rosal,

Subachoque, Granada y Sibaté. En seguida se estructuró un esquema metodológico (Figura 1.1) para la identificación de las zonas óptimas en el área objeto de estudio, en el cual se integraron información primaria y secundaria.

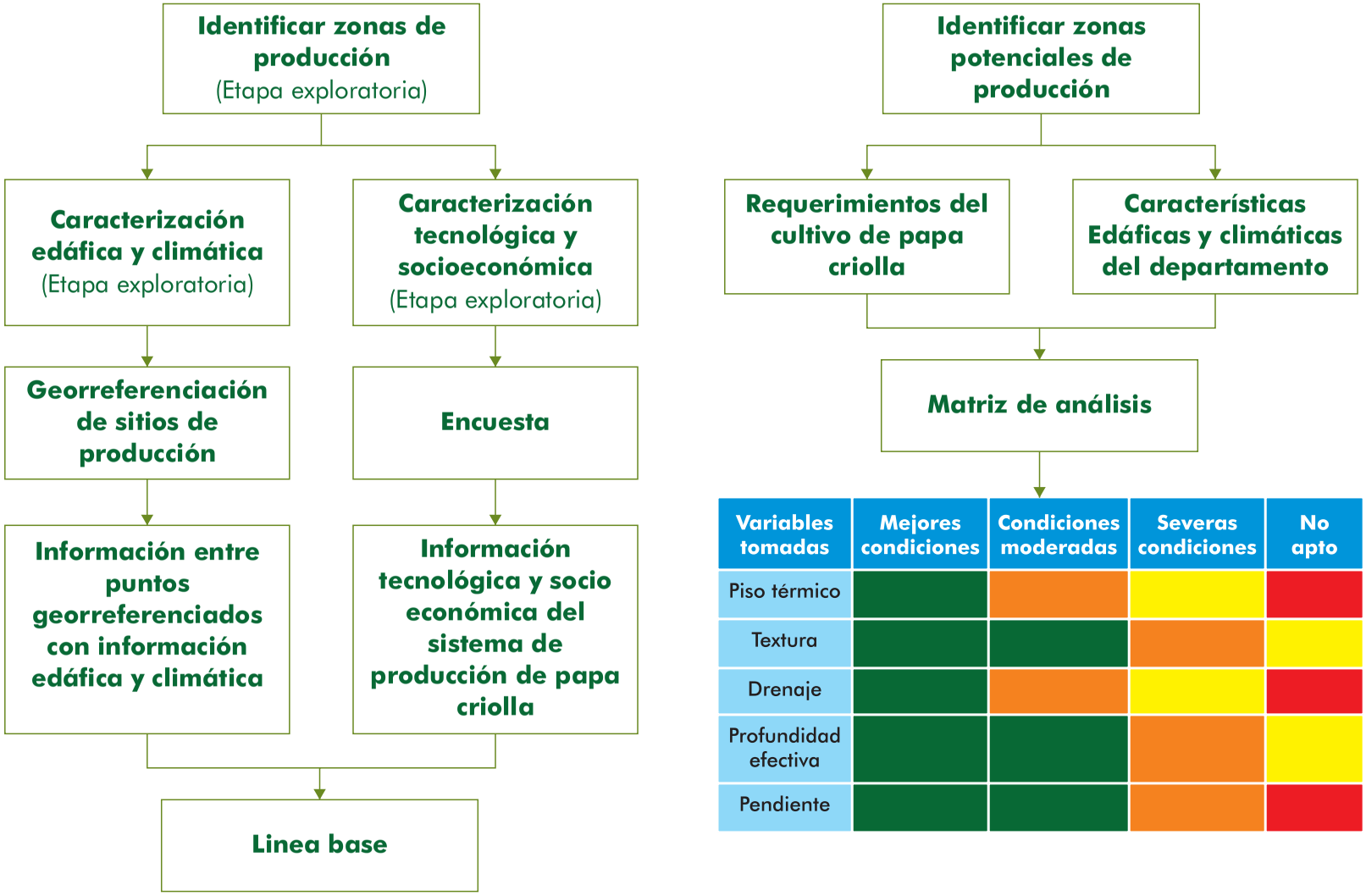
Para la información primaria se convocaron 31 productores o agricultores, 27 (87%) hombres y 4 (13%) mujeres, que se encontraban al frente de los cultivos y procedentes de diferentes veredas y corregimientos de los municipios mencionados anteriormente. En esta etapa exploratoria se les realizó una encuesta (Apéndice A) en los años 2011 y 2012, que consistió en recopilar información sobre el cultivo para una caracterización tecnológica y socioeconómica, es decir, se documentó y analizó a partir de encuestas el sistema productivo de papa diploide, involucrando los componentes social, ambiental, económico, productivo y agroecológico.

Paralelamente, se revisaron fuentes de información secundaria existentes sobre las variedades sembradas por aptitud de uso, épocas de siembra, fertilización, manejo agronómico, cosecha y las tecnologías utilizadas. También se reunieron datos de los sitios georeferenciados en los municipios productores de papa diploide para su caracterización edáfica y climática (Navas et al., 2010) con las variables de temperatura, altura, brillo solar y precipitación (según el clima) más drenaje natural, textura, pendiente y profundidad efectiva (de acuerdo al suelo). Después, se llevó toda la información de la etapa exploratoria a una línea base para los análisis de las zonas potenciales, en conjunto con una matriz de análisis construida con la información secundaria sobre los requerimientos del cultivo más los aspectos comparativos del clima y del suelo (Food and Agriculture Organization [FAO], 1983). La información física se obtuvo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2000) como fuente secundaria.

A partir de las conclusiones obtenidas por el cruce de la información primaria y secundaria, se construyeron los mapas para identificar las zonas con mejores condiciones para la producción de papa diploide en el

Figura 1.1

Esquema metodológico para la identificación de zonas óptimas de producción de papa diploide



Nota. Esquema propuesto por María del Socorro Cerón Lasso en la investigación.

Departamento de Cundinamarca, y se establecieron zonas con restricciones moderadas, sin restricciones y óptimas zonas sin restricciones edafoclimáticas. Así mismo, se identificaron zonas socioeconómicas favorables para la producción, por su cercanía al principal centro agroindustrial y de consumo nacional.

Productos Logrados

Áreas Actuales de Producción

En Colombia la papa posee una alta demanda en el mercado interno de los Departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Cauca, Boyacá, Nariño y Cundinamarca; y la papa diploide aportó para el año 2019 con 15.179 ha una producción de 247.843 t. No obstante, en años anteriores el área sembrada fue mayor, pues en el año 2018 el área sembrada fue de 15.235 ha con una producción de 223.747 t (Agronet, 2022a).

La Tabla 1.1 presenta la producción de papa diploide para los años 2018 y 2019 en los principales departamentos productores de Colombia, donde se evidencia que el Departamento de Cundinamarca es el mayor productor del tubérculo con un área sembrada de 6.512 ha, una producción de 114.818,88 t y un rendimiento del 17,63 t/ha seguido por los Departamentos de Boyacá y de Nariño para el año 2019 (Agronet, 2022a).

Tabla 1.1

Área, producción y rendimiento de papa diploide en Colombia

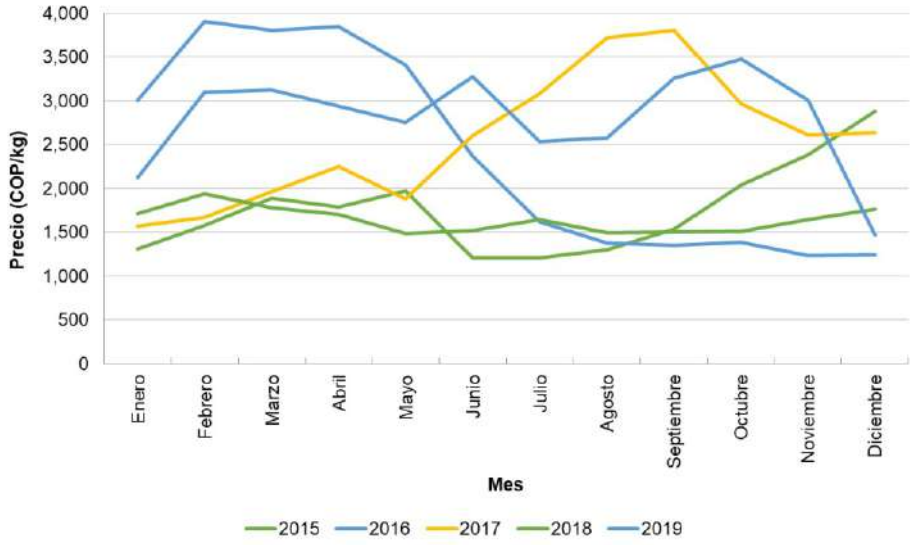
Departamento	Año 2018			Año 2019		
	Área cultivada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t / ha)	Área cultivada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t / ha)
Cundinamarca	3.081	55.241,88	17,98	6.512	114.818	17,63
Boyacá	2.507	35.752,98	14,26	4.014	61.922	15,43
Nariño	1.314	16.494,25	12,55	2.006	33.153	16,53
Antioquia	661	8.005,97	12,11	1.454	15.777	10,85
Norte de Santander	476	10.027,00	21,07	967	18.485	19,12
Tolima	320	1.920,00	6,00	138	2.068	14,99
Santander	101	1.572,00	15,56	90	1.620	18,08

Nota. Agronet (2022a)

Con relación a los precios, en la Figura 1.2 se observa que estos fluctúan a través del año y entre años en los puntos de venta de las diferentes bodegas de la Corporación de Abastos de Bogotá S.A. [Corabastos] (2020), sin un patrón claro de distribución durante el año. Por tanto, el precio de la papa depende fundamentalmente de las condiciones climáticas de las zonas productoras que regulan el volumen de oferta.

Figura 1.2

Precios (COP) por kg de papa diploide lavada y puesta en bodega mayorista



Nota. Corabastos (2020).

Producción de Papa Diploide

En los años 2018 y 2019 se reportaron 33 municipios productores del tubérculo de papa diploide en el Departamento de Cundinamarca. El Municipio de Sibaté fue el de más área sembrada y el Municipio de Une tuvo mayor rendimiento, como se observa en la Tabla 1.2 (Agronet, 2022a).

En la Figura 1.3 se presenta la ubicación de los principales municipios productoras de papa diploide en el Departamento de Cundinamarca. Estas áreas paperas de los municipios se encuentran otros cultivos de hortalizas, pastos y algunos relíctos o remanentes de bosque natural que deben ser conservados para la protección de las fuentes hídricas.

Tabla 1.2

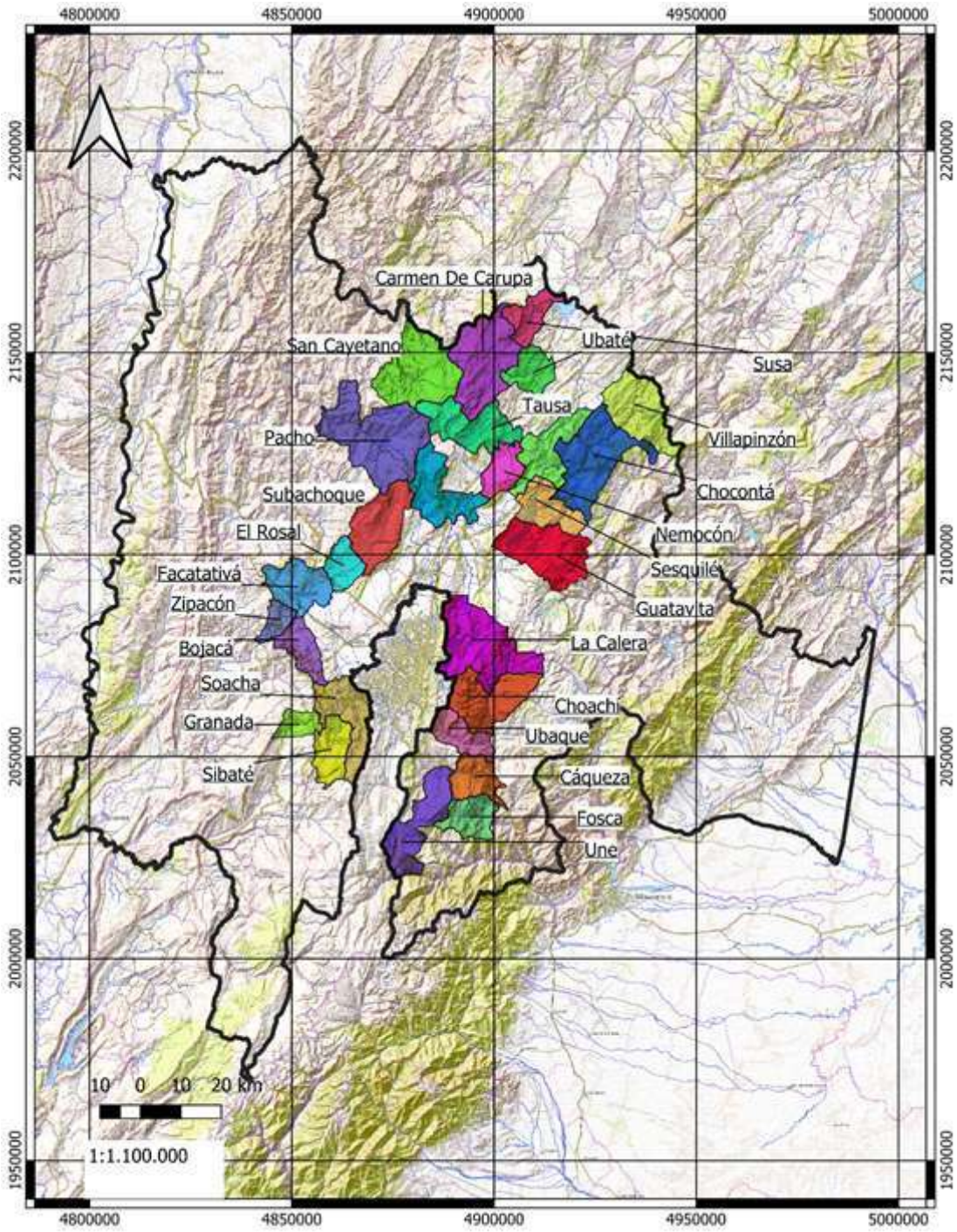
Comparativo entre municipios productores de papa diploide por área sembrada, producción y rendimiento en el Departamento de Cundinamarca

Municipios	AÑOS					
	Área sembrada (ha)		Producción (t)		Rendimiento (t/ha)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Sibaté	979	993	22.449,00	24.825,00	23,46	25,00
Fosca	555	580	8.300,00	8.700,00	15,09	15,00
Une	530	417	11.550,00	8.944,00	23,57	22,87
El Rosal	530	568	9.540,00	9.912,00	18,00	17,51
Zipacón	465	470	5.160,00	5.280,00	12,00	12,00
Pacho	380	420	4.626,00	5.530,00	12,60	14,00
Bojacá	300	480	4.875,00	7.860,00	16,81	16,55
Chocontá	299	304	4.784,00	4.211,00	16,00	14,52
La Calera	240	262	5.192,00	5.486,00	22,00	21,43
Tausa	193	175	2.805,00	3.150,00	15,00	18,00
Ubaque	186	110	3.680,00	660,00	20,00	6,00
Subachoque	183	188	3.294,00	3.384,00	18,00	18,00
Zipaquirá	180	110	3.240,00	1.980,00	18,00	18,00
Facatativá	158	206	2.558,00	3.384,00	16,50	17,35
Carmen de Carupa	135	60	2.180,00	1.200,00	16,52	20,00
Cáqueza	112	120	1.800,00	1.920,00	16,00	16,00
Sesquilé	100	215	1.800,00	2.150,00	18,00	10,00
San Cayetano	94	83	1.080,00	804,00	12,00	12,00
Lenguazaque	90	60	728,00	900,00	13,00	15,00
Villapinzón	82	53	1.399,00	833,00	17,49	17,00
Guatavita	80	80	2.000,00	2.000,00	25,00	25,00
Ubaté	80	67	1.221,00	1.134,00	16,28	18,00
Granada	80	75	1.095,00	900,00	13,69	12,00
Soacha	76	60	1.278,00	882,00	18,00	18,00
Choachí	70	95	910,00	1.160,00	13,00	12,21
Suesca	50	50	1.100,00	1.600,00	22,00	32,00
Susa	50	90	750,00	1.800,00	15,00	20,00
Guasca	47	38	702,00	742,00	18,00	19,53
Nemocón	40	50	680,00		17,00	
Fúquene	35	30	420,00	420,00	12,00	14,00
Machetá	33	60	276,00	520,00	8,38	8,68
Chipaque	28	35	336,00	385,00	14,00	11,00
Ubalá	4	3	66,00	52,00	22,00	15,00
Sopo		5		75,00		15,00

Nota. Agronet (2022a).

Figura 1.3

Ubicación de los municipios productores de papa diploide en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Base cartográfica IGAC (2000).

Características de los Sistemas de Producción Actuales

A continuación, se describen los aspectos de este sistema productivo de la papa diploide, la cual es originaria de la zona andina de Colombia y Ecuador.

Aspectos Biofísicos. Los cultivos para las zonas identificadas presentaron un área promedio de 5,4 ha por productor. Sin embargo, los Municipios de Subachoque y Sibaté registraron las mayores áreas cultivadas, con un promedio de 6 ha por productor. Por su parte, en el Municipio de Granada se reconoció un promedio de 4 ha, mientras que, en el Municipio de El Rosal, el área promedio cultivada fue de 2 ha por productor.

Topografía. Otro punto importante para considerar es la percepción del productor sobre la topografía de las áreas que establecen los cultivos de papa diploide. El 30% de los productores entrevistados mediante encuestas (Apéndice A), indicaron que los terrenos presentaban topografía ondulada, el 23% consideraban que sus fincas eran planas, el 20% indicaron que los terrenos tenían topografía quebrada y el 27% restante manifestó tener fincas con topografía mixta. Esta percepción del productor coincidió con el análisis de aptitud de uso de las tierras, las cuales indicaron que se trataba de zonas sin restricciones (planas y onduladas) y con moderadas restricciones de pendiente o de textura para este cultivo.

Usos del Suelo. En la Tabla 1.3 se relaciona la distribución de usos del suelo en las fincas de los productores encuestados. Ellos tenían un área promedio de 7,6 ha distribuidas de la siguiente manera: el uso agrícola con 63% del área total de la finca, el uso de las áreas en praderas con 32,4%, el uso de las áreas en bosque natural con 2,1% y otros usos. En estos últimos, se ocupaban aproximadamente el 2,5% de las fincas en áreas de recreo, terrenos en bosques plantados y áreas que albergaban fuentes de agua natural.

Las fincas con usos en bosques disponían de un área promedio de 0,5 ha. De acuerdo con la información suministrada por los productores, se percibió un cambio hacia un mayor sentido de conciencia ambiental, pues reconocieron la necesidad de realizar análisis de suelos, de usar maquinaria adecuada a las condiciones del terreno, de incrementar el uso de productos orgánicos y en

general, proteger el ambiente, pese al bajo número de fincas con áreas en bosques naturales o plantados, el cual correspondió únicamente al 35% de las fincas que reportaron la existencia de manchas de bosques.

Tabla 1.3

Uso del suelo en fincas productoras de papa diploide en el Departamento de Cundinamarca

Uso actual del suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agrícola	4,8	62,9
Pecuario	2,5	32,4
Agua	0,0	0,1
Recreo	0,1	1,9
Bosque Natural	0,2	2,1
Bosque Plantado	0,0	0,5
Total	**7,65**	**100**

Nota. Abaunza et al. (2012).

Es de resaltar el hecho que los productores aceptaron la necesidad de buscar terrenos en zonas que ofrezcan características óptimas para el establecimiento de cultivos y la adopción de algunas prácticas de manejo de cultivo como alternativa de mejoramiento de suelos y control sanitario.

Disponibilidad de Agua. La indagación en las fincas sobre fuentes de agua disponibles para riego indicó que, en primer lugar, se usó el agua lluvia y otras fuentes naturales como pequeñas quebradas que surcaban las fincas. Sin embargo, durante las temporadas secas, el 94% de los productores manifestaron tener necesidad de riego para los cultivos, por lo que realizaron en sus fincas reservorios y pozos para disponer del líquido en estas temporadas. Las necesidades de agua en la fase vegetativa requieren de zonas donde la precipitación esté entre 500 a 700 mm/año y la evapotranspiración (pérdida de humedad por evaporación directa y transpiración de las plantas) sea de 5 a 6 mm/día. El efecto del agotamiento del agua del suelo sobre el rendimiento es mínimo hasta en un nivel de 25%, por arriba de éste, comienza a advertirse la disminución en la producción (Ruiz et al., 2013).

La investigación reveló que existían pocas fuentes de agua naturales diferentes a la lluvia, para riego de cultivos, el 29% de los productores dijeron tener un pozo como fuente alternativa de agua en la finca y 7 de las 31 fincas tenían quebradas o hilos de agua. La disponibilidad de este recurso de forma natural o mediante el acopio o cosecha de agua, es fundamental para la productividad del cultivo de la papa diploide, pues técnicamente se conoce que la poca profundidad de las raíces del tubérculo incide en la baja formación de estolones y la productividad disminuye. Además, se produce pérdidas de agua por evapotranspiración, razón por la cual, la irrigación frecuente (cada 3 días) al cultivo genera una respuesta productiva considerable (FAO, 2008). Empero, el riego genera aumento de los costos de producción por la mano de obra utilizada.

Aspectos Productivos

El tubérculo diploide representó en el año 2017 el 8,2% del total de papa producida anualmente en Colombia y el 6,1% del total del área sembrada en el Departamento de Cundinamarca (Agronet, 2022a). A continuación, se revisan los aspectos inherentes a la producción del tubérculo.

Semilla. La variedad Criolla Colombia fue la más usada por los productores encuestados. En las zonas de la investigación, los productores manejaban semilla de diferente procedencia, pero el 90% manifestaron el uso de semilla certificada en alguna proporción. El 45% de los productores declararon, utilizar únicamente semillas certificadas o hijas de certificadas, mientras que el 55% usan semillas de diferente tipo y procedencia de acuerdo con la disponibilidad. Por lo anterior, en un mismo cultivo se pueden encontrar semillas certificadas, hijas de certificadas, semillas obtenidas de cultivos anteriores o adquiridas de otros productores.

Adicionalmente, los productores indicaron que utilizaban diferentes tamaños de semilla en las siembras, como: grandes, medianas, pequeñas y muy pequeñas (estas últimas conocidas por los agricultores como riche). En la Resolución del Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] 3168 del 2015, menciona los diámetros de los tubérculos grandes de 40 a 49 mm, medianos de 30 a 39 mm y muy pequeños por debajo de 20 mm (ICA, 2015).

El 67% de los productores, indicaron usar para semilla únicamente el tamaño mediano o pareja, mientras que el 3% usan preferentemente el tamaño muy pequeño o riche. El 30% manifestó sembrar diferentes tamaños, siendo el tamaño grande o catalogado como cero el menos frecuente de usar como semilla.

Sobre la cantidad de semillas sembradas por sitio, indicaron los agricultores que depende del tamaño de la semilla utilizada; así cuando la semilla es de tamaño pareja, sembraban en promedio 2 tubérculos por sitio, mientras que cuando el tamaño es riche, el número de tubérculos oscilaba entre 2 y 3 por sitio. Para la siembra se realizaba previa desinfección de la semilla, que es una práctica habitual por parte de los productores.

Por lo tanto, los resultados obtenidos en la investigación evidenciaron que los productores mezclaban tamaños y calidades de semilla de la papa diploide, lo cual incide en el comportamiento agronómico, las características de resistencia, la adaptabilidad, el rendimiento, la calidad de tubérculos, la rentabilidad de los cultivos y, por ende, los costos de producción. Adicionalmente, se pierden opciones de incursionar y competir en nuevos mercados y se retarda el desarrollo de procesos agroindustriales debido a la falta de un producto homogéneo.

En consecuencia, los volúmenes de semilla sembrados por hectárea varían de acuerdo con el tamaño elegido por el productor. Por lo tanto, el análisis determinó que cuando se usa semilla pareja se requieren en promedio 0,72 t/ha, mientras que la mezcla de tamaños de semilla requiere entre 0,9 y 1 t/ha.

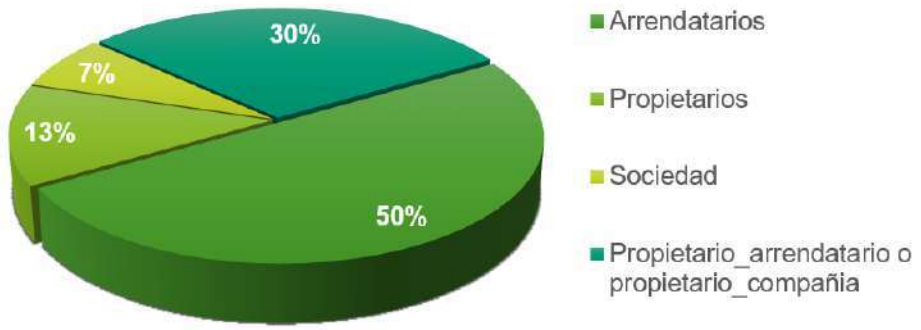
Acceso a la Tierra. La Figura 1.4 muestra que la modalidad predominante de tenencia de la tierra era el arrendamiento, indistintamente de las zonas productoras identificadas. El otro tipo de tenencia fue la propiedad según las respuestas obtenidas para el 43% de las personas entrevistadas. Con menor frecuencia (7%) se encontró la tenencia en sociedad o llamada compañía para explotar la tierra. Lo anterior significó que los productores acudían a una diversidad de combinaciones de tenencia de la tierra para establecer los cultivos de la papa diploide puesto que, el 50% de los cultivadores eran arrendatarios netos, el 13% propietarios netos y el 7% cultivaban en sociedad. El restante 30% de los productores, indicaron tener cultivos en lotes con más de una forma de

tenencia, como propiedad-arriendo y propiedad-sociedad; en un caso el productor manifestó tener cultivos en las tres modalidades propiedad-arriendo-sociedad.

Los productores tenían cultivos en diferentes fincas, es decir, el cultivador de papa diploide ocupaba en promedio dos fincas. Esta situación es importante considerar durante los procesos de capacitación y transferencia de tecnología, en especial en lo relacionado con la sostenibilidad ambiental, pues es conocido que el productor hace un manejo diferencial del sistema de cultivo de acuerdo con la modalidad de tenencia existente. Así, cuando los terrenos donde se cultiva son propios, el productor es más cuidadoso en el manejo del cultivo y de los recursos ambientales pues usa menos maquinaria pesada a diferencia de cuando el cultivo se establece en terrenos arrendados.

Figura 1.4

Acceso a la tierra para la producción de papa diploide en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Resultado de la encuesta a los productores en los años 2011 y 2012 (Apéndice A).

Prácticas Culturales y de Manejo del Cultivo. Los productores en los municipios objeto de estudio, manifestaron realizar la preparación del terreno, la siembra, la fertilización, la deshierba, los controles sanitarios, el aporque y la cosecha como actividades durante el ciclo de producción de la papa diploide. En general, los productores están en capacidad de entender y asimilar conceptos,

debido a que las prácticas y hábitos productivos están basados en la cultura del manejo más sostenible del sistema productivo de la papa, lo cual se ha promovido en Colombia desde 1995 entre los productores (Federación Colombiana de Productores de Papa [Fedepapa] y Ministerio de Ambiente, Vivienda, y Desarrollo Territorial[3], 2004).

Preparación del Suelo. Esta actividad en los cultivos de papa diploide se realiza con medios mecánicos, cuando el suelo cuenta con pastos. Normalmente inicia con la aplicación de herbicidas, a base de glifosato, más el manejo del tractor con máquina agrícola de labranza y el arado. El 22% de los encuestados mencionó utilizar únicamente rotocultivador[4], mientras que el 33% empleaban rotocultivador y arado en la preparación del suelo. El 45% restante afirmó utilizar además de los anteriores instrumentos, otras máquinas como el cincel y el rastrillo. Aunque el instrumento que nunca falta en la preparación del suelo es el rotocultivador o rotovator.

Los productores manifestaron usar la maquinaria para la preparación del terreno porque facilitaba su trabajo en las condiciones del suelo que lo requerían y, además, sostuvieron que obtienen eficiencia en términos de costos y de tiempo. Pero de todos modos esta preparación mecanizada se ha convertido en una tradición.

Distancias de Siembra. La distancia promedio de siembra registrada durante la investigación estaba delimitada por surcos y plantas. Entre surcos era de 1 m y entre plantas de 30 cm, arrojando una densidad de siembra de 33.300 plantas/ha aproximadamente. Además, se encontró menor densidad de siembra en el Municipio de Subachoque y mayor densidad en el Municipio de Sibaté. En la Tabla 1.4 se presentan las distancias y las densidades de siembra para las zonas productoras participantes en la investigación.

3 Actualmente esta institución se conoce como Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

4 El rotocultivador es un sistema de engranajes que trabaja en conjunto con el tractor para la preparación del suelo. Incluye enganche, eje rotor, transmisión por piñones, cuchillas, entre otros elementos mecánicos.

Tabla 1.4

Distancia y densidad de siembra en cultivos de papa diploide para el año 2008

Municipio	Distancia entre		Densidad de siembra
	Plantas (cm)	Surcos (m)	No. plantas/ha
El Rosal	26	1,0	38.462
Granada	30	1,0	33.333
Sibaté	27	0,9	41.152
Subachoque	35	0,9	31.746
Total	**30**	**1,0**	**33.333**

Nota. Abaunza et al. (2012).

Fertilización. Corresponde a la aplicación de abonos químicos u orgánicos en el suelo, a fin de obtener mejor productividad y calidad de la cosecha. De acuerdo con la investigación, el 61% de los productores realizaron el análisis de suelos para determinar la fertilización apropiada al cultivo a partir del conocimiento de las necesidades de nutrientes de los suelos y su capacidad de suministrar elementos nutritivos al cultivo. También manifestaron conocer que esta práctica les permitía hacer un mejor uso del fertilizante y así reducir costos de fertilización. De igual manera, se estableció que el 90% de quienes realizaban análisis de suelo sabían interpretar sus resultados y manifestaron conocer el tipo de suelo donde cultivaban. Esto confirmó que los productores conocían su oficio y tenían amplia experiencia en la actividad. Por otra parte, las personas que dijeron no realizar análisis de suelos argumentaron no hacerlo por el alto costo de este servicio.

Adicionalmente, los productores reportaron la utilización de dos tipos de fertilizante en el cultivo: el químico y el orgánico. El fertilizante químico fue usado por la totalidad de los productores entrevistados, mientras que solo el 40% de los productores usaban abonos orgánicos, desconociendo que el abono orgánico puede alterar la calidad de los tubérculos cosechados. Así mismo, se reportó que la totalidad de la fertilización se realizaba al momento de la siembra, mientras que el reabono era una práctica menos frecuente. Para la siembra, se utilizaba un promedio de 0,8 t/ha de fertilizante químico y en los casos de aplicación de gallinaza se utilizaba entre 0,5 y 1 t/ha.

Control Sanitario. La principal enfermedad que afectaba el cultivo de la papa era la gota (*Phytophthora infestans* (Mont) De Bary), la cual los agricultores utilizaban prácticas preventivas con productos a base de mancozeb. Normalmente realizaban de 10 a 15 aplicaciones durante el ciclo de cultivo de acuerdo con las condiciones climáticas. En cuanto al insecto plaga de mayor problema, la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*), se controlaba químicamente a base de permetrina, más prácticas de manejo de aporques altos y de aplicación de riego.

Los productores manifestaron realizar entre tres y cuatro controles químicos (fumigaciones) durante todo el ciclo del cultivo para el control de todos los insectos plaga. Cabe resaltar que los productores del Municipio de Subachoque reportaron realizar cuatro controles, mientras que en los Municipios de El Rosal y Granada el número de aplicaciones eran de tres. El 26% de los agricultores reconocieron usar productos biológicos para el control sanitario. El 61% de los productores manifestaron realizar el control químico pese a haber recibido capacitaciones prácticas de manejo integrado del cultivo; el 56% de los entrevistados dijeron conocer algunas prácticas de conservación del suelo; y el 55% conocían el tema del manejo del cultivo con labranza mínima.

Los resultados de la investigación permitieron conocer que el control químico, correspondía a un manejo tradicional más que a una respuesta de una recomendación técnica cualificada o a un manejo justificado por el nivel de afectación de la plaga o de la enfermedad. Por otra parte, el productor asoció la rotación de cultivos con el control sanitario, pues el 84% de los encuestados comentaron cultivar arveja (con menor frecuencia maíz, zanahoria y papa *S. tuberosum* subsp. *andigena*), para luego volver a cultivar papa diploide.

El uso de productos agroquímicos en la producción y el manejo del cultivo de papa diploide repercute en la oferta del tubérculo en mercados internacionales, donde exigen un manejo de Buenas Prácticas Agrícolas o BPA. De igual modo, las normas y reglamentos de inocuidad alimentaria están relacionados con buenas prácticas de conservación y la aplicación del enfoque

del Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC o HACCP por sus siglas en inglés), tanto biológicos, químicos como físicos en los procesos de producción (High Level Panelof Experts [HLPE], 2014). Lo anterior, sugiere la necesidad de hacer mayor énfasis en las actividades de transferencia de tecnología sobre la aplicación de BPA e implementar manejos alternativos del cultivo para disminuir la dependencia de productos tóxicos de origen químico.

Cosecha. Esta actividad es importante pues se debe considerar cuando y como cosechar de manera que se afecte lo menos posible la vida poscosecha del producto. En las encuestas realizadas a los productores (Apéndice A), ellos mencionaron que las cosechas se lograron entre los 3,5 a 4 meses después de siembra, y comprendían las actividades simultáneas de sacar los tubérculos y seleccionarlos. La selección consistía en la separación de los tubérculos que presentaban malformaciones o daños físicos causados por plagas o herramientas al momento de la cosecha. Por su parte la clasificación se realizaba conforme a tres tamaños: grande, mediana y pequeña (ICA, 2015).

Durante las entrevistas realizadas a los productores informaron que en las cosechas se empleaba un promedio de 23 jornales/ha para recolectar una producción promedio de 16,5 t/ha. La distribución de esta producción se hacía de la siguiente manera: 77% se comercializaba en el mercado nacional, 14% se vendía en el mercado local, 3% se destinaba al autoconsumo y 6% restante eran pérdidas.

Para proteger la cosecha de la deshidratación y mantener su calidad, sólo el 13% de los productores encuestados tenían bodegas de acopio apropiadas. En general, los productores preparaban espacios de sus casas para el almacenamiento temporal cuando no se podía transportar el mismo día de la cosecha, como es el caso del 39% de ellos que tenían la casa en el lugar del cultivo, mientras que el porcentaje restante (48%) preparaban ramadas (cobertizos construidos con ramas), pero por su alta perecibilidad, los tubérculos eran almacenados por poco tiempo para su protección mientras se trasportaban al lugar de venta.

Uso de Registros. La implementación de registros por parte del productor es una actividad importante para la toma de decisiones y buen manejo del cultivo tanto a nivel administrativo, agronómico y para la comercialización. El manejo de registros cobra mayor importancia, cuando se trata de un producto con posibilidades de incursionar en mercados especializados, debido a que se constituyen en fuentes para la verificación de cumplimiento de requisitos de manejo del cultivo. Además, son el soporte de las trayectorias llevadas a cabo en una actividad para documentarla o para demostrar que se está implementando cierto manejo en el cultivo. También, son pruebas con las que el productor se protege ante los clientes con los que comercializa su producto y ante los proveedores de insumos.

En general, el uso de registros es una actividad que se entiende por parte de los productores como anotaciones no sistemáticas y eventuales, las cuales regularmente se llevan en cuadernos o libretas de uso personal y no corresponde al registro de datos sistemáticos en formatos debidamente estructurados. Cuando se indagó por el uso de algún tipo de anotación relacionado con el manejo de agronómico o presupuestal del cultivo, el 74% de los productores contestó afirmativamente. Pero cuando se preguntó sobre el uso de anotaciones presupuestales y de manejo del cultivo, el 58% manifestó llevar este tipo de control. Por último, el 16% dijo llevar anotaciones de una u otra actividad, como registros fotográficos en medios virtuales o digitales.

Manejo Ambiental. El 84% de los productores entrevistados declaró no creer que el cultivo de papa diploide genera consecuencias nocivas para el medio ambiente, porque consideraban que hacían un buen manejo de empaques y residuos del proceso productivo. Algunos productores implementaron recomendaciones de BPA y reportaron que cultivaban de manera limpia, rotaban cultivos, hacían uso adecuado de agroquímicos y cuidaban las rondas de quebradas o sus espacios.

Los productores menores de 40 años mencionaron estar capacitados en temas que contribuyen a la conservación ambiental como: manejo integrado del

cultivo, labranza mínima, prácticas de conservación de suelos, complementación de la fertilización con el uso de abonos orgánicos y uso general de productos biológicos como alternativa a los productos químicos, entre otros. Sin embargo, el manejo de agroquímicos es alto, entre seis y diez aplicaciones durante el período vegetativo del cultivo.

Elementos del Entorno Competitivo de las Zonas Productoras

La identificación de zonas agroecológicas óptimas para el establecimiento de cultivos de papa diploide, permite obtener cultivares con mayor eficiencia productiva por unidad de área, favoreciendo mayores ingresos por el producto cosechado.

Distancia al Mercado Local. La cadena de comercialización de papa en Colombia está estructurada con el acopiador rural, el transportador, el centro mayorista de origen, la plaza local o regional, la central mayorista o central de abastos y el sector minorista o detallista. El mercado mayorista es el principal eslabón de la estructura debido a que concentra los mayores volúmenes comercializados de papa en Colombia (MADR, 2019).

La distancia a centros de consumo es una fortaleza de las zonas productoras, debido a las bondades que brinda la infraestructura vial existente que repercute en el proceso productivo, pues se involucran los costos de producción, de transporte y de los canales de comercialización. Para el año 2013, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) reportó que el Departamento de Cundinamarca tenía 89,5% de red vial pavimentada y 10,5% sin pavimentar, facilitando la comunicación terrestre entre municipios (DANE, 2014), lo cual es muy favorable para los productores que intervienen en el mercado local.

Las veredas que pertenecen a las zonas de los Municipios de El Rosal, Subachoque, Granada y Sibaté, presentan buena cobertura vial y aceptables condiciones de las vías que permite la movilidad de la producción hacia su destino final. Por lo regular, se encuentran vías pavimentadas y accesos carreteables descubiertos a las fincas. Además, la zona óptima del Municipio de El Rosal se

encuentra a menos de 20 km del centro de consumo local y entre 20 a 50 km al principal mercado nacional de Corabastos en Bogotá. El 77% de los productores de esta zona se encuentran a una distancia entre 20 a 50 km, siendo una zona con moderadas restricciones, pero cercana a Bogotá; y el porcentaje restante se encuentra a distancias por fuera del rango mencionado.

Densidad Vial. Mide la situación del desarrollo en infraestructuras y/o la accesibilidad de un territorio. La densidad vial se cuantifica como la relación de kilómetros lineales de vía por área del municipio. En este sentido, el Municipio de Zipacón es el que cuenta con mayor densidad vial, mientras que el Municipio de Une es el de menor densidad vial (Tabla 1.5), con un promedio de densidad vial de 0,375 km/km^2, entre los municipios productores de papa diploide del Departamento de Cundinamarca.

Tabla 1.5

Densidad vial de los municipios productores de papa diploide

Municipio	Densidad vial (km/km^2)	Longitud (km)
El Rosal	0,4	31,75
Granada	0,3	16,42
Pasca	0,3	84,28
Sibaté	0,4	50,36
Subachoque	0,4	88,82
Ubaque	0,4	48,77
Une	0,1	29,08
Zipacón	0,7	35,86

Nota. Infraestructura de datos espaciales regional [IDER] (2022).

En relación con este componente, el departamento tiene ventajas muy favorables de desarrollo económico, debido a la infraestructura vial en óptimas condiciones, y a la cercanía de la urbe más importante del país como lo es Bogotá, Distrito Capital, donde se ubica la principal Central de Abastos de Colombia y el Aeropuerto Internacional El Dorado. Ello permite facilitar negociaciones, canales de comercialización, venta y distribución del tubérculo no solo para el centro del país, sino para todas las regiones que lo demandan.

Así mismos, la cercanía a Bogotá de los Municipios de El Rosal, Granada, Subachoque y Sibaté, junto con una cobertura vial en buenas condiciones, hace de estos municipios una oportunidad para facilitar procesos de exportación.

Organización de Productores. Para los municipios participantes en la investigación se identificaron las siguientes asociaciones con productores de papa diploide: Municipio de El Rosal (El Rosal SAT), Municipio de Granada (Asoagra), Municipio de Sibaté (Criolla Oro), Municipio de Subachoque (Asocriolla) (Cerón et al., 2013).

El 92% de los productores encuestados pertenecían a alguna de las organizaciones mencionadas y se vincularon permanentemente a la investigación, condición que permitió obtener resultados favorables para el sistema productivo a partir de las actividades ejecutadas participativamente. Además, estos productores eran canales de comunicación con los demás agricultores o socios de las asociaciones para la recolección de información y para socializaciones de los avances de la investigación.

Zonas Potenciales para el Cultivo

La zonificación, caracterización y análisis de las áreas productoras es el mecanismo para conocer la distribución espacial de un sistema de producción, más la determinación y la cuantificación de las características de los componentes que conforman su estructura, para entender las interacciones que definen su funcionamiento (FAO, 1997; Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2016).

En la Tabla 1.6 se detalla los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de papa diploide que, de acuerdo con la mayor coincidencia entre los factores intrínsecos de la planta con una amplia variedad de factores físicos como la precipitación y el comportamiento de variables ambientales, como: radiación solar y temperatura, de igual manera, hay variables físicas como la altura, el drenaje y la pendiente (UPRA, 2016), inciden en la sostenibilidad ambiental del cultivo y en su productividad.

Tabla 1.6

Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de papa diploide

Nombres variables	Unidades	Factor diagnóstico			
		Muy Apta (A1)	Moderadamente Apta (A2)	Marginal Apta (A3)	No Apta (N)
1. Altitud	msnm	2.300 – 2.800	2.800 – 3.000 1.800 – 2.300	3.000 – 3.200	>3.200 <1.800
2. Brillo solar	h/d	4 - 5	3 – 4	2 – 3	< 2
3. Temperatura del ambiente	°C	8 – 12	12 – 16	16 – 18	<8 >18
4. Precipitación	mm/año	700 – 1.000	1.000 – 1.500	1.500 – 2.000	<700 >2.000
5. Clase de drenaje del suelo	Clase	Bien drenado Moderadamente bien drenado	Imperfectamente drenado	Excesivamente drenado Moderadamente excesivo Pobremente drenado	Muy pobremente drenado
6. Textura	Clase	Franco arcillosos (FAr)†	Franco – arcilloso – arenosos y Arcillosos limosos	Arenoso / Arcilloso	Arenosos
7. Pendiente	%	0 – 12	12 – 25	25 – 50	> 50
8. Profundidad efectiva del suelo	cm	> 100	50 - 100	25 - 50	< 25
† Suelo ideal para la siembra de papa diploide que presenta la siguiente composición: arena entre 20 y 45%, limo entre 15 a 52% y arcilla entre 27 y 40.					

Nota. FAO (2008); Navas et al., (2010); Pérez y Riaño (2001); Zapata et al., (2006).

Los requerimientos o factores de diagnóstico de la Tabla 1.6 y planteados por la FAO (1976), consisten en valorar los niveles de cercanía a los requerimientos ambientales y agrológicos del cultivo para el establecimiento y la producción de los tubérculos, así:

- Suelos con mejores condiciones, sin limitaciones en el uso sostenido o no afectan la productividad ni aumentan los costos, por lo tanto, todos los factores de requerimientos para las mejores condiciones coinciden con dichas condiciones edafoclimáticas en el departamento.
- Suelo con condiciones moderadas, con limitaciones no tan graves, pero con menos beneficios o riesgos de degradación en la sostenibilidad del suelo, se considera relevante la condición de textura.
- Suelo con condiciones marginales, presenta limitaciones graves en el uso sostenido y se privilegia el uso por razones distintas a lo económico.

- Suelo no apto, con limitaciones físicas graves que son insuperables a largo plazo. Pueden ser tierras para conservación y no se pueden explotar. También, pueden ser suelos con características que dificultan su manejo reduciendo la productividad y aumentando los riesgos de degradación o de costos.

Las variables edafoclimáticas presentan correlación directa con la calidad de los tubérculos, traducida en variables fisicoquímicas de importancia para la industria, como los contenidos de: materia seca, almidón y azúcares reductores, más la gravedad específica; e igualmente se asocia con las características de cada variedad de papa diploide reflejadas en la morfología de los tubérculos, en las características agronómicas y en las formas de uso tanto para procesamiento como para consumo en fresco.

Entre algunos estudios se ha encontrado la correlación mencionada, como Vázquez et al. (2016) quienes reportaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) de la interacción entre ambiente por genotipo para variables físicas y químicas. Díaz (2016) mostró como en las variedades Criolla Galeras y Criolla Latina frente al momento y duración del estrés hídrico, el cultivo y el rendimiento del tubérculo depende del estrés presentado durante el período de crecimiento, así como el clima y las condiciones del suelo; además, reportó que se disminuyó el rendimiento de las plantas en un 50% después de 13 días de déficit hídrico y a los 19 días en la etapa de tuberización se redujo el peso de tubérculos en 93% en Criolla Galeras y 96% en Criolla Latina. Adicionó Díaz (2016) que el número de tubérculos por planta, las tasas de crecimiento, la materia seca del tubérculo y el índice de cosecha disminuyeron a altas temperaturas diurnas y nocturnas, debido a los efectos directos de la temperatura sobre la fotosíntesis, es decir, se presentó una correlación entre variables edafoclimáticas con la calidad de las papas diploides estudiadas.

Por tanto, es importante definir los requerimientos edafoclimáticos para la papa diploide para satisfacer la demanda de la agroindustria que ha designado valores de las características de los tubérculos para su procesamiento (Tabla 1.7).

Tabla 1.7

Características de tubérculos para la agroindustria

Variable	Valor
Contenido de azúcares reductores	Menor a 0,035% del peso del tubérculo
Materia seca	Mayor al 20%
Gravedad específica	Mayor a 1,08
Contenido de almidón	Mayor a 13% del peso del tubérculo

Nota. Vázquez et al., (2016)

Zonificación de las Tierras, para Identificar Escenarios Óptimos

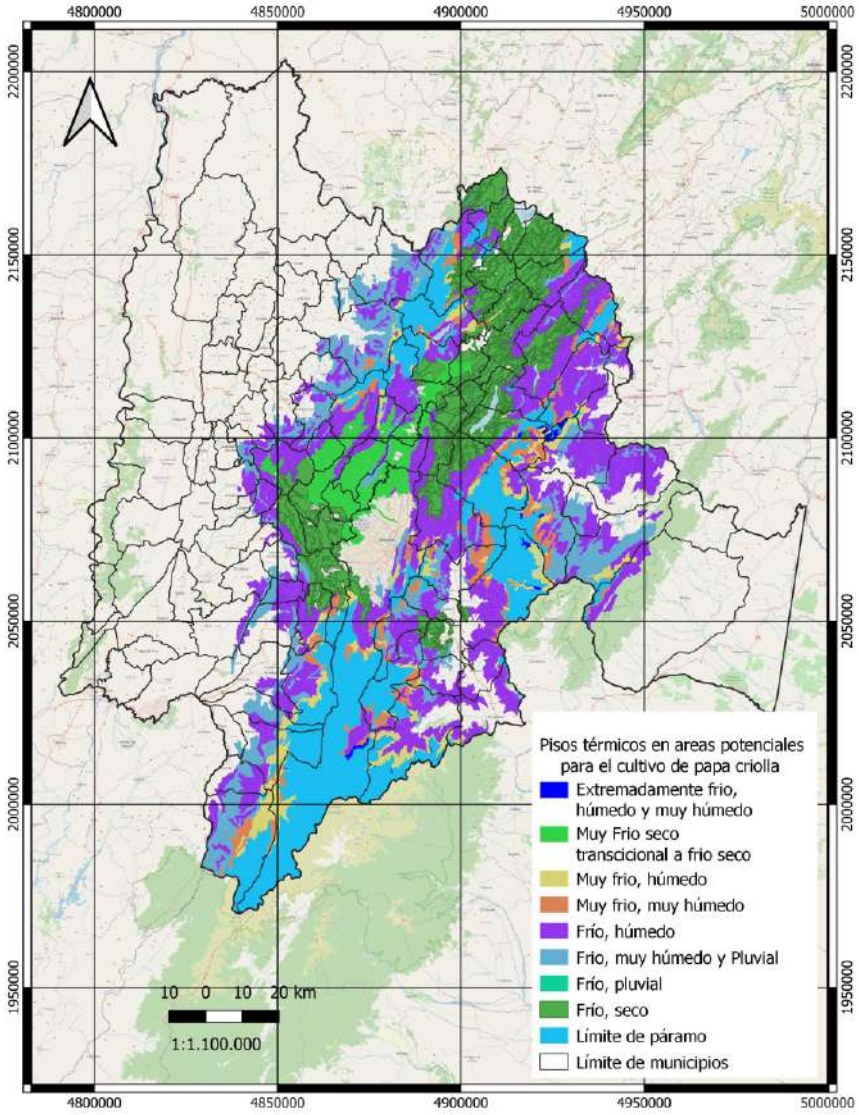
A nivel nacional, regional y local el país ha estado en zonificación de las tierras, para identificar escenarios óptimos del uso de la tierra con el fin de identificar el uso más sostenible (UPRA, 2016), prevenir la degradación, a través de la asignación y uso apropiado, minimizar el riesgo de degradación ambiental y mantener la viabilidad económica de la actividad productiva. Además, crea escenarios para el desarrollo rural y para las recomendaciones de tecnologías que mejoren las posibilidades de competir en un mercado globalizado. Al margen de las condiciones óptimas para el cultivo de la papa diploide, diferentes razones históricas, sociales y políticas ha generado que ocurra que varios de los cultivos se localicen en zonas con condiciones marginales.

Zonas Moderadas por Pisos Térmicos. Cundinamarca posee un área de 2.421.000 ha, incluyendo el Distrito Capital (IGAC, 2000), de las cuales en clima frio corresponden a 1.191.474 ha. Por delimitación del páramo, las zonas potenciales por piso térmico para el cultivo de papa en el Departamento de Cundinamarca disminuyen a 943.209 ha (Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP, 2022a). A pesar de la delimitación del páramo, aún se continua la siembra del cultivo de papa en los páramos de Sumapaz, Guerrero y Chingaza (RUNAP, 2022b), cuyas zonas no se recomiendan para dicha actividad.

En la Figura 1.5 se observa la distribución de las áreas potenciales para la papa diploide según los pisos térmicos.

Figura 1.5

Distribución de pisos térmicos en zonas con aptitud biofísica para el cultivo de la papa diploide en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Resultados de investigación sobre base cartográfica IGAC (2000).

Teniendo en cuenta otros aspectos diferentes al piso térmico, como la textura, pendiente o grado de inclinación y el drenaje, todavía hay suficiente oferta ambiental para el cultivo en el departamento. En los mapas de la Figura 1.6 se observan las áreas con potenciales para el cultivo de la papa diploide de acuerdo con la temperatura y la precipitación promedio multianual.

En cuanto a la temperatura, la mayor zona productora tenía valores moderadamente aptos entre 12 a 16 °C y la de menor proporción de área productora de los tubérculos, se ubicó en un rango marginalmente apto entre 16 a 18 °C.

De otro lado, existen eventos climáticos en las zonas identificadas que generan preocupación a los productores de papa diploide como, las heladas y las sequías. La ocurrencia de las heladas se concentra en las regiones ubicadas por encima de los 2.500 msnm, por lo que toda el área con mejores condiciones para este cultivo tiene riesgo por dicho fenómeno cuyas características de cielos despejados o escasa nubosidad y con humedad del aire muy baja, que favorecen la ocurrencia de una temperatura igual o menor a 0°C a un nivel de 2 m sobre el nivel del suelo, lo cual genera pérdida de calor del suelo que es cedida a la atmósfera durante la noche. Teniendo en cuenta las áreas ubicadas por encima de esta elevación y su extensión territorial, en la Figura 1.7 se zonifica la mayor o menor susceptibilidad a dicho fenómeno de las heladas.

Otros riesgos climáticos como las granizadas y los periodos prolongados de lluvias se presentan con menor frecuencia y generan menor grado preocupación al productor.

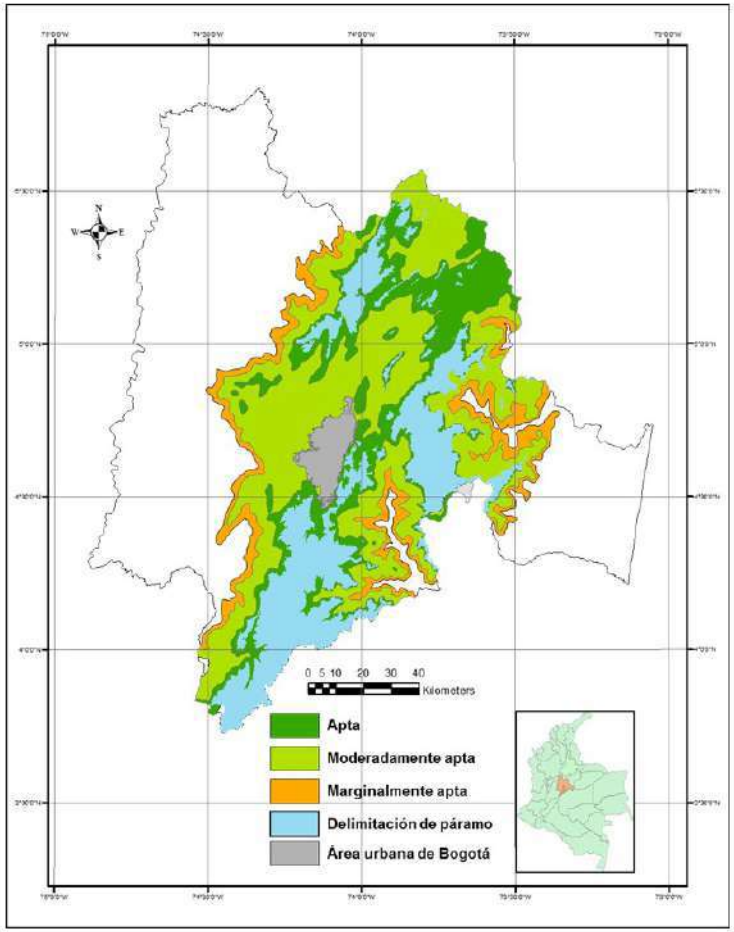
Factores Edáficos

Textura de los Suelos. La textura es una categoría importante en la identificación de la aptitud de los suelos para el cultivo de papa, por ser susceptible a condiciones de mal drenaje del suelo. Los suelos demasiado arcillosos (pesados) o demasiado arenosos (livianos) no se consideran idóneos para el cultivo. Las texturas franco y franco arcilloso son ideales por ostentar suelos con buen drenaje favoreciendo el desarrollo de la planta y de los tubérculos, además, disminuye la presencia de enfermedades y daños por exceso de humedad (Ñústez y Rodríguez, 2020).

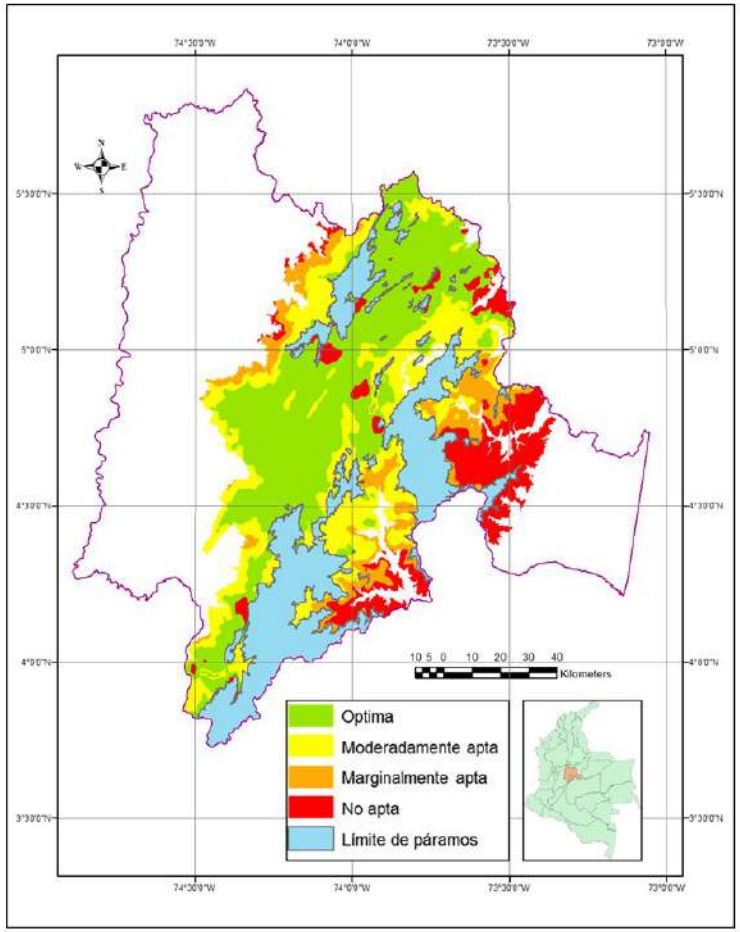
Figura 1.6

Áreas potenciales para el cultivo de la papa diploide en el Departamento de Cundinamarca

a)



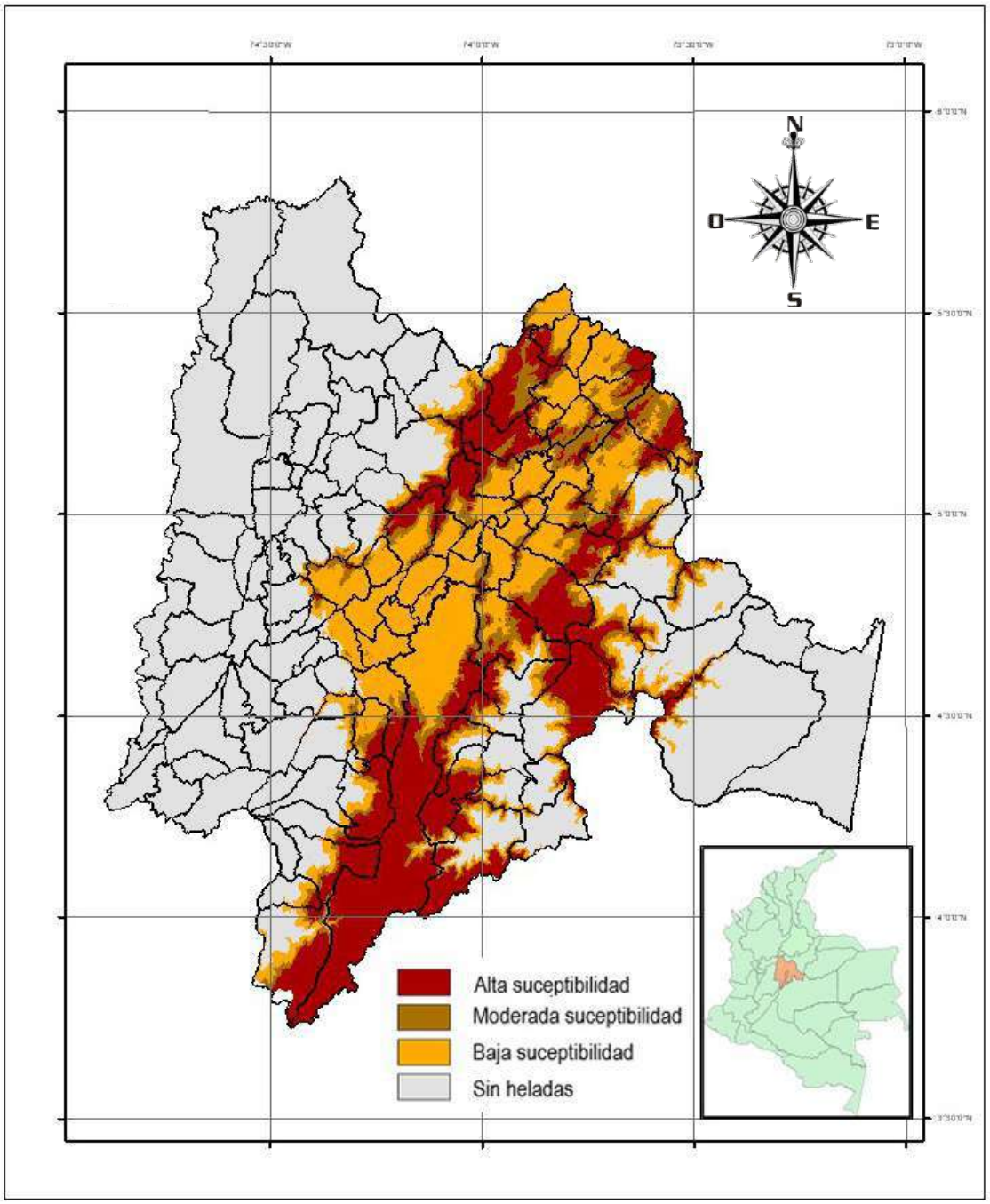
b)



Nota. Mapas: a) con temperatura promedio multianual (°C) y b) con precipitación promedio multianual (mm/año). Resultados de investigación sobre base cartográfica IGAC (2000).

Figura 1.7

Distribución de zonas susceptibles a heladas para el cultivo de la papa diploide en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Resultados de investigación sobre base cartográfica IGAC (2000).

Otras zonas con texturas medianamente idóneas requieren manejos de drenaje si son suelos muy pesados o, por el contrario, puede ocurrir estrés hídrico al no almacenar agua (capacidad de campo) el tiempo suficiente entre lluvias o riegos. Por otra parte, el sistema radicular de la planta de papa es fibroso y alcanza una longitud cercana a los 60 cm demandando suelos en buenas condiciones para su desarrollo (texturas francas).

Zonas Moderadas por Textura. Esta zona presenta las mejores condiciones para el cultivo de papa diploide. En el estudio se encontraron 165 ha que se sitúan en cinco veredas de cuatro municipios a saber: El Rosal, Facatativá, Granada y Une (Tabla 1.8).

Tabla 1.8

Municipios y veredas con restricciones moderadas por textura para el cultivo de papa diploide

Municipio	Veredas	ha
El Rosal	Cruz Verde	17
Facatativá	Tierra Morada	17
Granada	Sabaneta	34
Une	La Mesa y Hoya de Pastores	97

Nota. Áreas estimadas sobre cartografía digital IGAC (2000).

En esta condición de la zona, se tienen cotas entre 2.300 y 2.800 msnm, con suelos bien drenados a moderadamente bien drenados, con profundidades mayores a 100 cm, pendientes entre 0 y 12%, temperaturas entre los 8 a 12 ºC, con precipitaciones entre 700 y 1.000 mm/año. La textura del suelo es un factor importante para la producción de este tubérculo, donde los suelos franco-arcillosos son óptimos.

En la Tabla 1.9 y en la Figura 1.8 se observan las texturas de suelo en zonas óptimas con sus áreas y la distribución de estas áreas en el Departamento de Cundinamarca para el cultivo de papa diploide.

Tabla 1.9

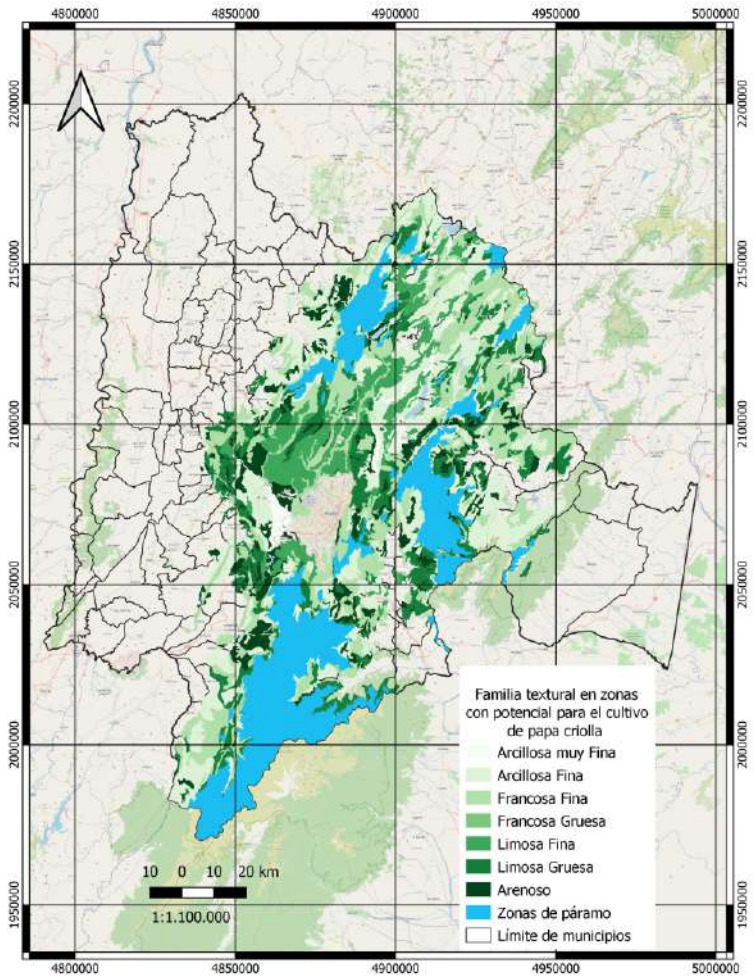
Textura del suelo en zonas moderadas para el cultivo de la papa diploide

Texturas	Áreas (ha)	Texturas	Áreas (ha)
Arcilloso	173.867	Franco arcilloso	269.177
Arcillo arenoso	2.126	Franco arcillo arenoso	52.142
Arcillo limoso	28.567	Franco arcillo limoso	172.255
Franco	41.302	Franco limoso	1.627
Franco arenoso	178.750	Limoso arcilloso	23.397
Total			**943.209**

Nota. Áreas determinadas a partir IGAC (2000).

Figura 1.8

Distribución de texturas del suelo en zonas con aptitud biofísica para el cultivo de la papa diploide en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Resultados de investigación sobre base cartográfica IGAC (2000).

Pendiente. El gradiente de inclinación del suelo se considera una característica importante ambientalmente, teniendo en cuenta que es un cultivo transitorio que se siembra bajo un manejo convencional, sin otras coberturas, por lo que hace susceptible al suelo y favorece los procesos de erosión. No obstante, es necesario relacionar el drenaje con tierras cuyo gradiente de pendiente está por debajo de 7% puesto que se presentan limitantes por: profundidad efectiva si el nivel freático es alto, deficientes drenados, pérdida de riego e inaccesibilidad al suelo por su costo alto.

Al momento de sembrar el cultivo de papa es importante tener en cuenta el sentido de la pendiente, para trazar los surcos en forma opuesta a la misma. Cuando existan suelos de alta capacidad de campo, se recomienda trazar los surcos teniendo en cuenta el contorno del terreno para evitar que se presenten encharcamientos que favorezcan una mayor humedad relativa. En el caso de presentarse acumulación de humedad, se debe realizar drenajes en estos puntos en muy corto plazo (Ñústez y Rodríguez, 2020).

En la Tabla 1.10 y en la Figura 1.9 se muestran las pendientes de los suelos en zonas potenciales y su distribución en el Departamento de Cundinamarca para el cultivo de la papa diploide.

Tabla 1.10

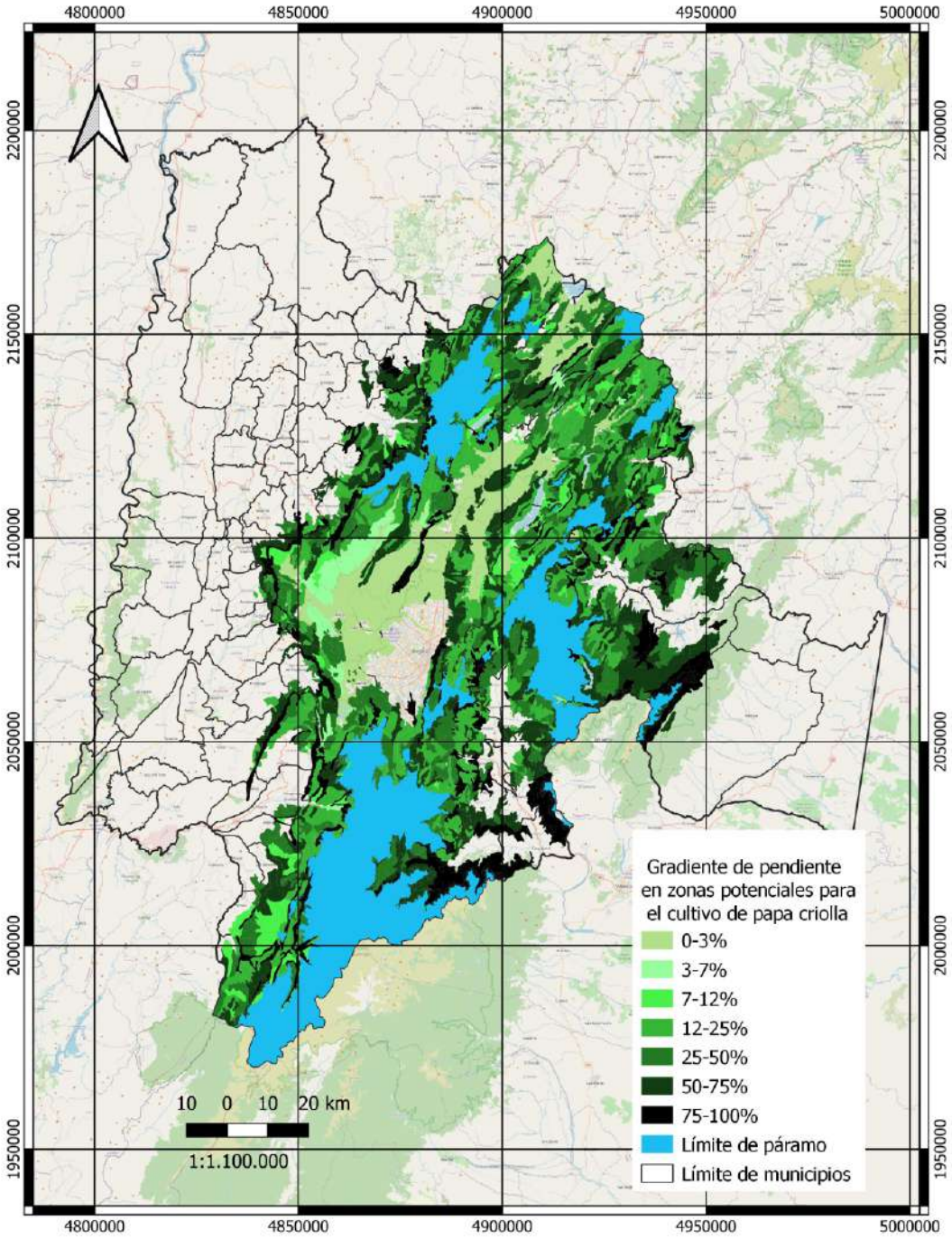
Pendiente del suelo en zonas moderadamente óptimas para el cultivo de la papa diploide

Gradiente de pendiente	Área (ha)
0 a 3	116.034
3 a 7	21.759
7 a 12	36.229
12 a 25	221.065
25 a 50	193.400
50 a 75	224.671
>75	130.050

Nota. Áreas determinadas a partir de IGAC (2000).

Figura 1.9

Distribución de pendientes del suelo en zonas con aptitud biofísica para el cultivo de la papa diploide en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Resultados de investigación sobre base cartográfica IGAC (2000).

Drenaje. El cultivo de la papa requiere suelos bien aireados, porosos y con buen drenaje (Doorenbos y Kassam, 1979) para evitar exceso de agua que genera pudrición de la semilla. Si el riego es alto, pero no excesivo, se afecta el desarrollo de las raíces y se generan clorosis foliar y madurez temprana. Los suelos con buen drenaje favorecen el desarrollo de los tubérculos y evitar enfermedades o daños causados por exceso de humedad (Ñústez y Rodríguez, 2020). De manera general se recomienda seleccionar lotes con buen drenaje natural (Tabla 1.11). En la Figura 1.10 se muestra la distribución de las áreas por la categoría de drenaje para las zonas potenciales en el cultivo de papa diploide.

Tabla 1.11

Condiciones de drenaje natural del suelo en zonas moderadamente óptimas para el cultivo de la papa diploide en el Departamento de Cundinamarca

Drenaje natural	Áreas (ha)
Bien drenado	631.641
Excesivamente drenado	118.792
Imperfectamente drenado	15.830
Moderadamente drenado	157.099
Muy pobremente drenado	15.198
Pobremente drenado	4.647
Total	**943.209**

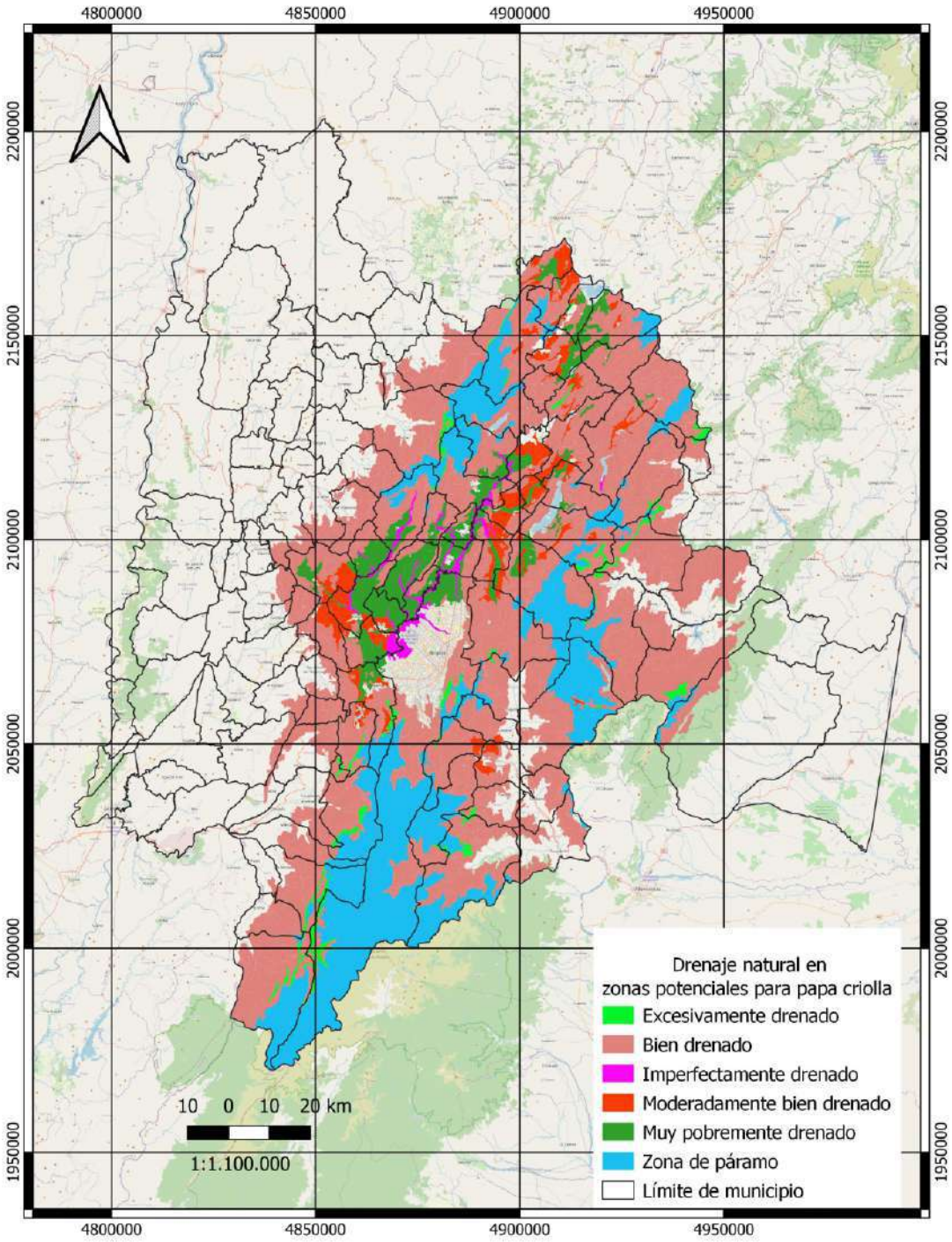
Nota. Áreas determinadas a partir de IGAC (2000).

Hay aproximadamente 18.000 ha para el cultivo de papa diploide que cumplen condiciones deseadas por textura, pendiente y drenaje del suelo en el Departamento de Cundinamarca, al combinar dichas categorías y excluyendo las zonas de páramo.

Limitante en Profundidad. La distribución de las áreas según la categoría de profundidad del suelo para la papa diploide, en las zonas potenciales del Departamento de Cundinamarca, se encuentran en la Figura 1.11.

Figura 1.10

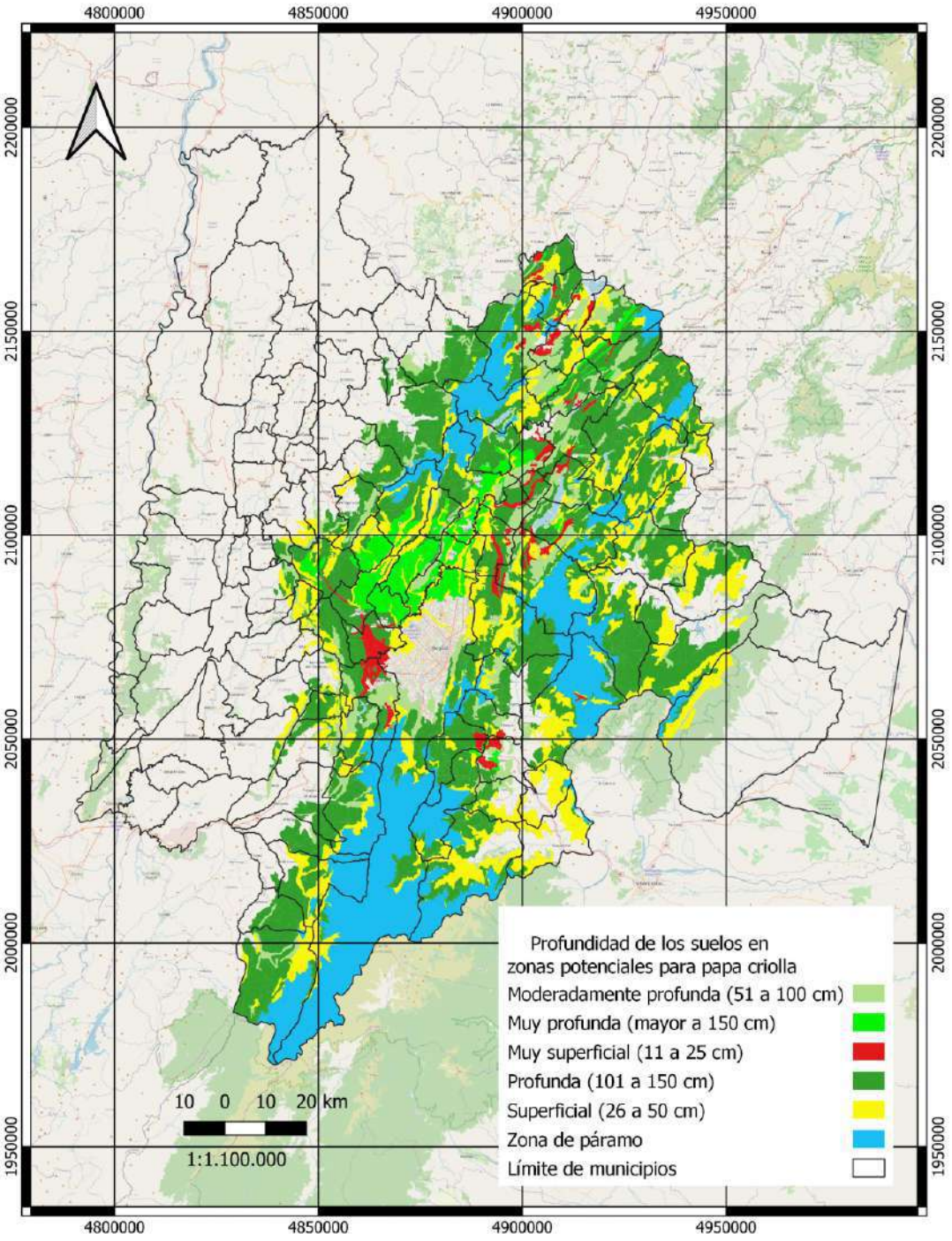
Distribución de drenajes del suelo en zonas con aptitud biofísica para el cultivo de la papa diploide en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Resultados de investigación sobre base cartográfica IGAC (2000).

Figura 1.11

Distribución de profundidades del suelo en zonas con aptitud biofísica para el cultivo de la papa diploide en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Resultados de investigación sobre base cartográfica IGAC (2000).

Resultados de Aptitud para el Cultivo de la Papa Diploide

La determinación de las mejores condiciones de uso para la papa diploide, se tomó en cuenta variables edafoclimáticas como la temperatura, precipitación, textura, pendiente y drenaje. Las variables de tipo químico como acidez del suelo, pH, nutrientes y materia orgánica, no se evaluaron en razón que son los más posibles de corregir. A partir de la investigación, no se encontraron zonas sin restricciones edafoclimáticas bajo la metodología aplicada con los requerimientos enfrentados. En la Figura 1.12, se presenta un ejemplo del terreno utilizado para la producción de papa diploide en el Municipio de Subachoque y, en la Figura 1.13, se observa el mapa de las áreas con aptitud biofísica para el cultivo de este tubérculo en el Departamento de Cundinamarca.

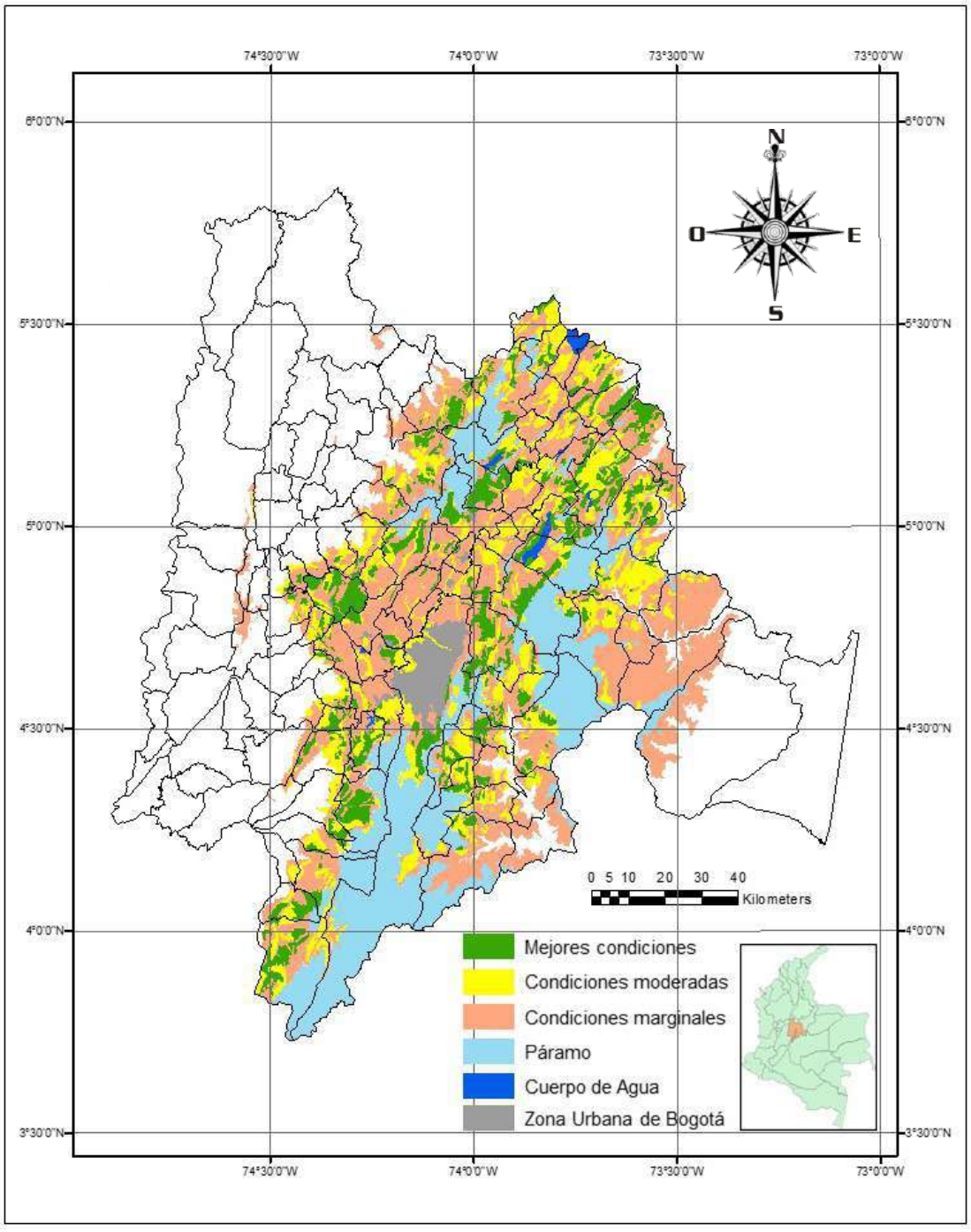
Figura 1.12

Zonas con condiciones moderadas para la producción de papa diploide en el Municipio de Subachoque

Nota. Foto tomada por María del Socorro Cerón e Isabel Cusgüen.

Figura 1.13

Áreas con aptitud biofísica para el cultivo de papa diploide en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Resultados de investigación sobre base cartográfica IGAC (2000).

Zonas con Mejores Condiciones

Con base a estos parámetros se determinó que los suelos con mejores condiciones corresponden a zonas en los municipios de El Rosal, Granada, Une y Facatativá. La variable que influyó para que no se considere plenamente con aptitud para el cultivo es la textura, pues varios autores consideran a la textura un factor determinante para considerar las áreas plenamente aptas para el cultivo de la papa diploide.

Estas tierras presentan las mejores condiciones en las cualidades evaluadas, o ligeras restricciones que no afectan el rendimiento del cultivo. Se ubican entre los 2.300 y 2.800 msnm, con suelos bien drenados a moderadamente bien drenados, profundidades mayores a 100 cm, pendientes inferiores a 12% y temperaturas entre los 8 a 12 °C y las precipitaciones oscilan entre 700 y 1.000 mm/año (Tabla 1.12).

Tabla 1.12

Municipios y veredas del Departamento de Cundinamarca con las mejores condiciones para producción de papa diploide

Zonas	Municipio	Veredas
Mejores condiciones para el cultivo de la papa diploide	El Rosal	Cruz Verde
	Facatativá	Tierra Morada
	Granada	Sabaneta
	Une	La Mesa y Hoya de pastores

Nota. Abaunza et al. (2012).

A partir de la investigación, no se encontraron zonas sin restricciones edafoclimáticas bajo la metodología aplicada con los requerimientos enfrentados.

Zonas con Moderadas Restricciones. Estas zonas con buenas condiciones socioeconómicas para la producción y comercialización de papa diploide, se encontraron 2.733 ha distribuidas en 23 veredas en los Municipios de El Rosal, Granada, Pasca, Sibaté, Subachoque y Zipacón. Estas zonas están ubicadas entre 2.300 y 2.800 msnm, con suelos bien drenados a moderadamente bien drenados, con profundidades mayores a 100 cm, pendientes entre 12 a 25% siendo un poco superiores a las de la zona óptima, temperaturas entre 8 a 12 °C. Las restricciones corresponden a precipitaciones

por encima de los 1.000 mm/año, pendientes superiores a 12% aunque no superan el 25%, texturas pesadas y profundidades de los suelos menores a 50 cm (Tabla 1.13).

Tabla 1.13

Áreas con moderadas restricciones para cultivo de papa diploide en el Departamento de Cundinamarca

Municipio	Vereda	Áreas (ha)
Granada	Santafé	249,7
	Carrizal	73,6
	La Playita	240,3
	Sabaneta	122,28
El Rosal	Cruz Verde	145,43
Pasca	Sabaneta	144,3
Sibaté	San Rafael	0,8
	El Peñón	799,8
	La Unión	72,85
	Chacua	106,75
	El Jazmín	21,69
	San Benito	50,91
	Delicias	104,59
	Casco Urbano	34,82
	Pie de Alto	10,36
	San José	2,11
Subachoque	Rincón Santo	545,0
	Cascajal	484,2
	Santa Rosa	332,1
	Canica Baja	446,2
	El Centro (Llanitos)	430,0
	Galdamez	23,3
Zipacón	Pueblo Viejo	71,7
Total		**3.840,9**

Nota. Abaunza et al. (2012).

En la Tabla 1.14 se presenta la información consolidada de todas las zonas estudiadas de los municipios y veredas del Departamento de Cundinamarca, con sus hectáreas (Apéndice B). No se anexan áreas con severas restricciones pues la oferta de aptitud en tierras con restricciones moderadas es suficiente para suplir demandas actuales y futuras de la papa diploide.

Tabla 1.14

Consolidado de zonas con moderadas restricciones para el cultivo de papa diploide en el Departamento de Cundinamarca

Descripción de zonas	Áreas (ha)
Zona con moderadas restricciones por textura	156
Moderadas restricciones con temperatura alta y textura	520
Moderadas restricciones con temperatura alta, profundidad y textura	600
Moderadas restricciones con temperatura alta, precipitación alta y textura	352
Moderadas restricciones con temperatura alta, precipitación alta, profundidad y textura	156
Moderadas restricciones con temperatura alta, precipitación alta, pendiente y textura	6.804
Moderadas restricciones con temperatura alta, pendiente y textura	8.519
Moderadas restricciones con temperatura alta	351
Moderadas restricciones con profundidad y textura	229
Moderadas restricciones con precipitación alta y textura	261
Moderadas restricciones con precipitación alta, pendiente y textura	1.696
Moderadas restricciones con pendiente y textura	5.983
Moderadas restricciones con precipitación alta, profundidad y textura	103

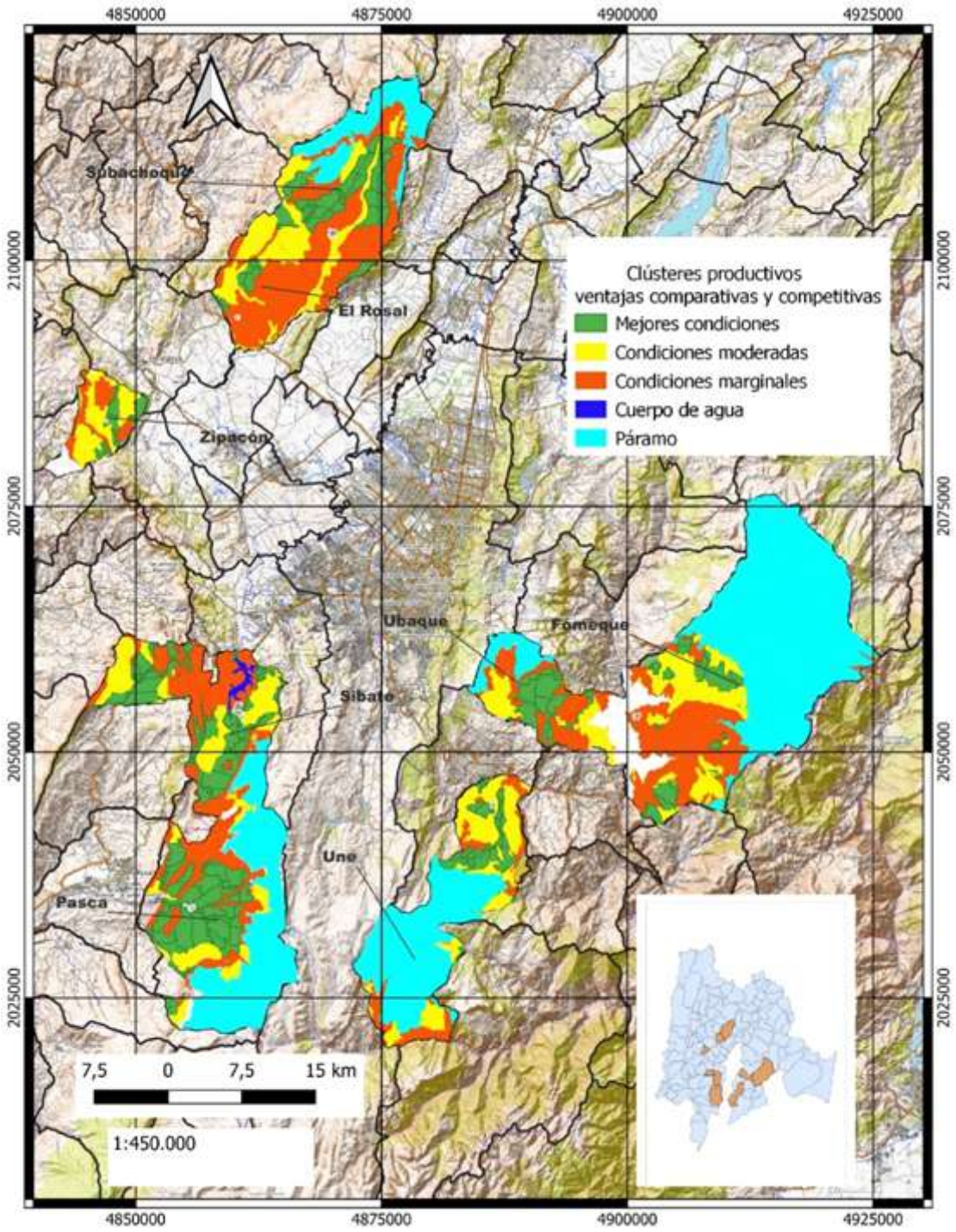
Nota. En el Apéndice B se encuentra esta información derivada en la investigación.

Entorno Competitivo de las Zonas Biofísicas

En la Figura 1.14 se presentan las ventajas comparativas que se obtuvieron al analizar el entorno competitivo de las zonas biofísicas. Entre estas ventajas, se consideran de mediana competitividad aquellas zonas productoras de papa diploide con medianas restricciones, limitantes de planeación de la producción y del manejo tecnológico del proceso productivo que ameritan un mejoramiento permanente.

Figura 1.14

Clústeres productivos, ventajas comparativas y competitivas en el Departamento de Cundinamarca



Nota. Abaunza et al. (2012).

En resumen, las zonas identificadas presentan una situación socioeconómica favorable por su cercanía al principal centro agroindustrial y de consumo del país, lo que facilita el acceso a más opciones de mercado; nichos especializados tanto a nivel nacional como internacional. Además, cuentan con una aceptable cobertura de servicios públicos y una malla vial en condiciones que permite la movilidad de la producción hacia su destino final. Disponen de aceptables servicios de apoyo a la producción por parte de la institucionalidad pública y privada. También existen organizaciones de productores emergentes y algunas en proceso de consolidación, lo que constituye una ventaja para el desarrollo empresarial de la actividad productiva (UPRA, 2016).

Conclusiones

Los aspectos de suelos y de clima fueron factores importantes de analizar antes de planear el establecimiento del cultivo de papa diploide, por lo que este tubérculo tiene condiciones específicas para su manejo, lo que conduce a la eficiencia en la producción, el rendimiento y la calidad del tubérculo. Por consiguiente, la identificación de las zonas de producción permitió visibilizar el sistema productivo y el área de producción en el Departamento de Cundinamarca, para realizar una planificación que canalice los esfuerzos técnicos y productivos de la especie. Además, la identificación de zonas potenciales accedió a la organización del sistema productivo en cuanto a la oferta ambiental, la competitividad de la región y la demanda del tubérculo; con disminución de costos de producción más la protección de las zonas de conservación.

Referencias

Abaunza, C.A., Forero, C.A., García, G.O. y Carvajal, G.H. (2012). *Zonificación y organización de clúster empresariales para las cadenas de caña panelera, frutales y papa criolla en Cundinamarca*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Agronet. (2022a). *Reporte: área, producción y rendimiento nacional por cultivo. Cultivo de papa criolla 2009-2018*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1.

Agronet. (2022b). *Reporte: Principales países de destino de las exportaciones del sector agroindustrial por productos seleccionados*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=22

Cerón, M.S., Álvarez, C.P., Prieto, L., Hernández, M.A., Cusgüen, I., Pérez, M.A., Caicedo, M., Becerra, E. y Chalabi, N. (2013). Sembrando la semilla de competitividad sostenible en la cadena: papa criolla de Cundinamarca, Colombia. En P. Henríquez y H. Li Pun (Eds), *Innovaciones De Impacto: Lecciones De La Agricultura Familiar En América Latina y El Caribe* (pp.91 – 104). Banco Interamericano de Desarrollo (BID) e Instituto Interamericano de Cooperación (IICA). http://bit.ly/37kw8Fo

Corporación de Abastos de Bogotá S.A. [Corabastos]. (2020). *Históricos de precios*. Corabastos. https://precios.corabastosonline.co/#/tendencia/grupos

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2014). *4001 - Infraestructura Vial. Documento Técnico*. DANE.

Díaz, P.A. (2016). *Evaluación de la tolerancia al estrés hídrico en genotipos de papa criolla* (*Solanum phureja* Juz et Buk). [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55602

Food and Agriculture Organization [FAO]. (1976). *Esquema para la evaluación de tierras*. (Boletín número 32). FAO.

Food and Agriculture Organization [FAO]. (1983). *Directivas: Evaluación de Tierras para la Agricultura en Secano*. (Boletín de Suelos 52). FAO.

Food and Agriculture Organization [FAO]. (1997). *Zonificación agroecológica. Guía general*. (Boletín de Suelos 73). FAO.

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2008). *La papa: Cultivo-Año internacional de la papa 2008*. http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/cultivo.html

High Level Panel of Experts [HLPE]. (2014). *Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles*. (Informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial [CSA]). Food and Agriculture Organization (FAO).

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2015). Resolución 003168. 7/09/2015. Reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento. ICA. https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca. Subdirección de Agrologia*. IGAC.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2019). *Estrategia de ordenamiento de la producción, cadena productiva de la papa y su industria*. Viceministerio de asuntos agropecuarios, Dirección de cadenas agrícolas y forestales.

Navas, G.E, Díaz, C.A., Tamayo A.J. y Zapata, J.L. (2010). *Manejo técnico del cultivo de papa criolla con fines industriales. Experiencia en el Departamento de Antioquia*. (Cartilla Divulgativa). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Ñústez, C.E. y Rodríguez, L.E. (2020). *Papa criolla (Solanum tuberosum Grupo Phureja): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA-2.

Ospina, L. (2015). *Implicaciones del tratado de libre comercio entre Colombia y Estados Unidos en la industria colombiana de papa* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia].

Pérez, Y. y Riaño, A. (2001). *Factibilidad económica y financiera de un cultivo de papa criolla (Solanum phureja Juz et Buk), con aplicaciones de NPK en el municipio de Cogua, Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA)].

Porras, P.D. y Herrera C.A. (2015). *Modelo productivo de la papa criolla para los departamentos de Cundinamarca y Boyacá*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Registro Único Nacional de Áreas Protegidas [RUNAP]. (2022a). *Registro único de áreas protegidas*. Parques Nacionales Naturales de Colombia. https://runap.parquesnacionales.gov.co/departamento/923

Registro Único Nacional de Áreas Protegidas [RUNAP]. (2022b). *Áreas protegidas asociadas*. Parques Nacionales Naturales de Colombia. https://runap.parquesnacionales.gov.co/area-protegida/530

Ruiz, J.A., Medina G., González, I.J., Flores, H.E., Ramírez, G., Ortiz, C., Byerly, K.F. y Martínez, R.A. (2013). *Requerimientos agroecológicos de cultivos* (2.a ed, Libro Técnico 3).Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP].

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (2016). *Cultivo comercial de papa: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000*. UPRA. http://hdl.handle.net/11438/8630

United States International Trade Commission [USITC]. (2020). *Harmonized tariff schedule of the United States* (Rev. 18). USITC.

Vázquez, M.G., Santiago, D., Rubio, O.A., Torres, C.M., Ayala, A.R. y Vargas, M.L.P. (2016). Efecto ambiental en características fisicoquímicas de papas de la Mesa Central de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* 7(5), 1051-1064.

Zapata, J.L., Navas, G.E., Tamayo, A.J. y Díaz, C.A. (2006). *Manejo Agronómico de la Papa Criolla para el procesamiento Industrial* (Boletín Técnico). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). http://hdl.handle.net/20.500.12324/32759