



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Análisis del potencial de la fécula de Yuca como fuente sucedánea de los derivados del almidón de maíz en el mercado de materias primas en la industria de alimentos colombiana

Francisco Javier Calderón Ávila

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Maestría en Administración

Bogotá D.C., Colombia

2016

Análisis del potencial de la fécula de Yuca como fuente sucedánea de los derivados del almidón de maíz en el mercado de materias primas en la industria de alimentos colombiana

Francisco Javier Calderón Ávila

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Administración

Director (a):

Ph.D., Luz Alexandra Montoya Restrepo

Línea de Investigación:

Gestión de Mercados

Facultad de Ciencias Económicas

Maestría en Administración

Bogotá D.C., Colombia

2016

Creo que las ideas cuando se someten con rigor a la reflexión, convergen en la convicción.

Creo en el respeto por las diferencias y en el debate de las ideas para que sean posibles los acuerdos y el trabajo en equipo.

Creo que cada persona y cada esfuerzo son necesarios para reencontrarnos como sociedad y construir una Colombia posible para todos.

Francisco Calderón

Agradecimientos

A la doctora Luz Alexandra Montoya Restrepo, Directora de la Tesis, por su apoyo y orientación para hacer posible el desarrollo y culminación de este trabajo.

A Otto Vila Flórez, Secretario Técnico Nacional de la cadena productiva de la yuca en el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Resumen

A través del presente trabajo se pretende establecer las condiciones que tiene la cadena productiva de la yuca para atender la demanda de derivados de los almidones en la industria de alimentos colombiana cubierta actualmente a partir del maíz, para este propósito se hace una revisión de los antecedentes de cada uno de estos recursos, informaciones disponibles en las entidades gubernamentales encargadas del desarrollo sectorial, las estadísticas de importación en Colombia buscando levantar información para esquematizar y el mismo concepto de cadenas productivas para hacer un paralelo desde elementos de la teoría de la estrategia competitiva para valorar el potencial y conveniencia del desarrollo del eslabón de los derivados de los almidones de la yuca como parte de futuras consideraciones en su agenda prospectiva de investigación.

Palabras clave: Cadena productiva, yuca (*Manihot Esculenta*), maíz (*Zea Mays*), Estrategia competitiva.

Abstract

This document looks for to establish conditions of cassava value chain to cover starch derivatives demand in Colombian industry food supplied currently from maize, for achieving it, an historical frame, information from sectorial entities in charge of agricultural developing, as well as importation statistics in Colombia was reviewed, seeking for an outline value chains of maize and cassava as conceptual axis for matching them and propose from elements of competitive strategy a suitability diagnosis and potential of cassava starch derivatives as new link in the value chain in perspective research agendas

Keywords: Value chain, cassava (*Manihot Esculenta*), maize (*Zea Mays*), competitive strategy.

1. Introducción	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
2. Antecedentes del maíz y la yuca	7
2.1 El maíz	7
2.1.1 Evolución del maíz como cultivo industrial	7
2.1.2 Características y procesamiento del maíz	11
2.1.3 Productos derivados del almidón del maíz	16
2.2 La yuca	20
2.2.1 Evolución de la Yuca como cultivo en Colombia	21
2.2.2 Características y procesamiento de la yuca	22
3. Análisis desde el concepto de cadenas productivas	27
3.1 Diseño metodológico	27
3.2 Concepto de la cadena productiva	28
3.3 Cadenas Productivas en Colombia	31
3.4 Elementos desde la teoría de la estrategia competitiva	33
4. Descripción y Comparación de las cadenas productivas del Maíz y la Yuca en Colombia	37
4.1 Cadena productiva de la yuca	39
4.2 Cadena productiva del maíz	44
4.2.1 Maíz	45
4.2.2 Almidón de maíz	49
4.2.3 Derivados del almidón del maíz	50
4.3 Comparación de las cadenas productivas	56
5. Conclusiones y recomendaciones	59
5.1 Conclusiones	59
5.2 Recomendaciones	65

Lista de figuras

Figura 2-1: Especies de maíz en la teoría del origen-----	8
Figura 2-2: “Sheller Corn”-----	9
Figura 2-3: Combinada John Deere Serie Titán -----	10
Figura 2-4: Partes del grano de maíz-----	12
Figura 2-5 Esquema del proceso de molienda húmeda -----	14
Figura 2-6: Gránulos de almidón de maíz (SEM)-----	15
Figura 2-7: Gránulos in situ de la papa (SEM) -----	15
Figura 2-8: Estructuras químicas. a) Amilosa b) Amilopectina-----	15
Figura 2-9: Distribución de la amilosa y la amilopectina en el gránulo-----	16
Figura 2-10: Proceso de retrogradación -----	17
Figura 2-11: Variación de las DE en las maltodextrinas -----	19
Figura 2-12: Origen de Sorbitol-----	20
Figura 2-13: Producción global de yuca en 2014 -----	22
Figura 2-14 Sistema radical de la yuca -----	23
Figura 2-15: Corte transversal de una raíz tuberosa de yuca -----	23
Figura 2-16: Proceso de producción del Almidón de Yuca-----	25
Figura 3-1: Esquema sistema de valor-----	29
Figura 3-2: Cadena Productiva (Agroindustria) -----	32
Figura 3-3: Fuerzas Competitivas de Porter-----	33
Figura 3-4: Relación de las cadenas productivas con el mercado de derivados de los almidones -----	34
Figura 4-1: Desempeño del cultivo de yuca en Colombia 2000 - 2014 -----	41
Figura 4-2: Rendimiento del cultivo de yuca en Indonesia y Tailandia-----	42
Figura 4-3: Importaciones colombianas de almidón de yuca 2011- 2015-----	43
Figura 4-4: Participación del mercado de almidón de yuca 2015 - Importadores en Kg-----	44
Figura 4-5: Desempeños del cultivo de maíz en Colombia 2000 - 2014 -----	45
Figura 4-6: Desempeño del cultivo del maíz en Estados Unidos 2000 - 2014-----	46
Figura 4-7: Importaciones colombianas de maíz 2012 - 2015-----	47
Figura 4-8: Participación del mercado de maíz 2015 - Importadores en Kg-----	48
Figura 4-9: Importaciones colombianas de almidón de maíz entre 2011 - 2015-----	49
Figura 4-10: Participación del mercado de almidón de maíz 2015 - Importadores en Kg -----	50
Figura 4-11: Importaciones agregadas en Colombia de los derivados del almidón de maíz 2011 - 2015 ---	51
Figura 4-12: Composición de los derivados del almidón de maíz - Importaciones 2015-----	51
Figura 4-13: Participación en las importaciones bajo la subpartida 1702.03.10.00 - 2015 en Kg -----	52
Figura 4-14: Participación en las importaciones bajo la subpartida 3505.10.00.00 - 2015 en Kg -----	52
Figura 4-15: Participación en las importaciones bajo la subpartida 2905.44.00.00 - 2015 en Kg -----	53
Figura 4-16: Participación en la importaciones bajo la subpartida 1702.30.20.00 - 2015 en Kg-----	54
Figura 4-17: Participación en las importaciones bajo la subpartida 3824.60.00.00 - 2015 en Kg -----	54

Figura 4-18: Participación en las importaciones bajo la subpartida 2905.43.00.00 - 2015 en Kg -----	55
Figura 4-19: Cadena Productiva del maíz -----	56
Figura 4-20: Cadena productiva de la yuca -----	57

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2-1: Producción India de cereales en millones de toneladas 1950 - 1970	11
Tabla 2-2 Peso y composición media de las partes del grano de maíz	12
Tabla 2-3: Función de los derivados de los almidones en varios sistemas de alimentos procesados	16
Tabla 2-4: Composición de la yuca en base seca.....	24
Tabla 4-1: Posiciones arancelarias – Arancel Colombiano.....	38
Tabla 4-2: Comparación aspectos de las cadenas Maíz - Yuca.....	58

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
CIAT	Centro de Investigación de Agricultura Tropical
CIF	Cost Insurance and Freight (Incoterm)
CLAYUCA	Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la investigación y desarrollo de la yuca
COP	Pesos Colombianos
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DE	Dextrosas Equivalentes
DFP	Deterioro Fisiológico de Pos-cosecha
DIAN	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
Ha.	Hectárea
Hg.	Hectogramos
IDEMA	Instituto de Mercadeo Agropecuario
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
Kg	Kilogramos
KUSD	Miles de Dólares de Estados Unidos
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MCOP	Millones de Pesos Colombianos
PRONATTA	Programa de Transferencia de Tecnología Agropecuaria
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
SEM	Scanning Electron Microscope
SINTAP	Sistema Nacional de Tecnología Agropecuaria
SIOC	Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadena
TM	Tonelada Métrica
USD	Dólar de Estados Unidos

1. Introducción

1.1 Planteamiento del Problema

El desarrollo de la cadena productiva de la yuca (*Manihot Esculenta*) en Colombia ha logrado avances sustanciales a través del apoyo de entidades gubernamentales en cabeza del Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, centros de investigación independientes como el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA) quienes han liderado el proyecto de trapiches yuqueros para la obtención de harina de yuca en el que se estimó en 2004, podría sustituir en el mediano plazo el 20% del consumo de maíz (*Zea Mays*) en las aplicaciones de nutrición animal, correspondientes a unas 400.000 toneladas que requieren de una extensión cultivada que oscila entre 40000 y 50000 hectáreas, es decir tres o cuatro veces la extensión cultivada en ese momento para propósitos industriales de 12500 ha. Según el censo de producción de yuca (*Manihot Esculenta*) para uso industrial realizado por el el mismo año (CLAYUCA, 2003).

Las aplicaciones de nutrición animal, obtención de alcohol y *snacks*, determinantes para la evolución de la demanda de yuca por su volumen son las más visibles, sin embargo el mercado de los derivados de los almidones tienen un valor agregado mayor por su componente tecnológico que es ofrecido regularmente por multinacionales, un valor agregado por el que podría competir la cadena productiva de la yuca aprovechando la base disponible de literatura científica que señala el potencial agronómico y físico-químico de la yuca para desarrollarlas. Esto hace pertinente una revisión de la cadena productiva y la forma como es aprovechado el recurso para aportar una visión a los actores que oriente al desarrollo de este eslabón.

El espectro de los derivados del maíz (*Zea Mays.*) cubre una amplia gama de aplicaciones, por lo que el trabajo se restringe a las familias químicas que demanda la industria de alimentos donde las definiciones de calidad facilitan la interpretación de las informaciones del mercado y la idoneidad de la yuca (*Manihot Esculenta*) para atenderlas bajo estándares internacionales, hacer posible una comparación desde criterios de inocuidad, calidad y en general de las condiciones técnicas de ingreso a los mercados (Ceballos, et. al., 2002)

De otro lado y de acuerdo al censo de producción de yuca realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en 2004, el 99.5% de los productores de yuca (*Manihot Esculenta*) son personas naturales o pequeños agricultores en regiones inclusive con limitaciones en sus suelos para otros cultivos, es una oportunidad de desarrollo que debe evaluarse y aprovecharse con el acompañamiento del estado tal como lo establece en el artículo 65 de la constitución nacional.

ARTICULO 65. La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras, forestales y agroindustriales, así como también a la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras.

De igual manera, el Estado promoverá la investigación y la transferencia de tecnología para la producción de alimentos y materias primas de origen agropecuario, con el propósito de incrementar la productividad.” Constitución Política de Colombia

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Describir el mercado de los derivados de los almidones de maíz (*Zea Mays.*), el valor de su demanda en la industria de alimentos y las condiciones en las que la cadena de la yuca podría participar con productos sucedáneos para servir tal demanda.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Hacer una descripción cronológica del maíz (*Zea Mays.*) como recurso agrícola y de su cadena productiva en Colombia.

- Describir la cadena productiva de la yuca y sus características como sucedáneo del maíz para la obtención de derivados de los almidones que sirven como materia prima a la industria de alimentos en Colombia
- Analizar las barreras de entrada a los derivados de la yuca en el mercado de alimentos en Colombia desde la perspectiva de la teoría de la estrategia competitiva.
- Proponer elementos de análisis para el desarrollo la cadena productiva de la yuca y de nuevos productos a partir del almidón de yuca.

2. Antecedentes del maíz y la yuca

La comparación entre el maíz (*Zea, Mays*) y la yuca (*Manihot Esculenta*) podría iniciarse señalando que tienen en común, ser los principales depósitos de almidón de sus especies a pesar que el primero es un cereal y la segunda una raíz tuberosa, estructuras muy distintas que obligan a una aproximación para comprender los procesos y cuidados necesarios que permiten llevar cada una al uso industrial, así mismo su historia para lograr una visión del desarrollo en cada caso y las oportunidades de mejora como recurso agrícola.

2.1 El maíz

Las evidencias disponibles ubican el origen del maíz (*Zea, Mays*) en México y sugieren que fue resultado de la domesticación de la teocinte a partir de la selección de individuos e hibridación con otras especies por parte de las primeras culturas del continente americano hace 10000 años aproximadamente y extendido por el resto del continente en diferentes etapas hacia el Sur de los Estados Unidos y Argentina (Serratos, 2009).

2.1.1 Evolución del maíz como cultivo industrial

Desde la llegada de los españoles a América, el maíz (*Zea Mays.*) fue descrito morfológicamente en las registros botánicos de Francisco Hernández, en el siglo XVI ya se habían dispersado semillas de maíz (*Zea Mays.*) en Europa y era objeto de análisis taxonómico por la aparente relación con la teocinte a pesar de la radical diferencia entre los tamaños de su espiga y la del olote del maíz (*Zea Mays.*) (Serratos, 2009).

Estos indicios, ofrecían un punto de partida para que a inicios del siglo XX basados en técnicas arqueológicas y de análisis biológico, se lograra determinar su relación evolutiva y hacer hallazgos que incluso sirvieron para ampliar la frontera del conocimiento en la genética como ciencia a través de los “genes móviles” que Barbara McClintock (Premio Nobel – 1983) descubrió a partir de sus observaciones en diferentes individuos de maíz (*Zea Mays.*) que expresaban características intermitentemente entre generaciones (Lindsten & Ringertz, 2001).

Mangelsdorf en los años 70’s, después de haber estudiado desde 1938 varias tesis del origen del maíz (*Zea Mays.*), concluye desde el concepto de la introgresión y la relaciones morfológicas entre especies modernas y primitivas de maíz que el teocinte perenne y una variedad de maíz tunicado-palomero (ver figura: 2-1) da origen a la especie moderna (Mangelsdorf & Reeves, 1959).

Figura 2-1: Especies de maíz en la teoría del origen



Fuente: Mangelsdorf, 1959

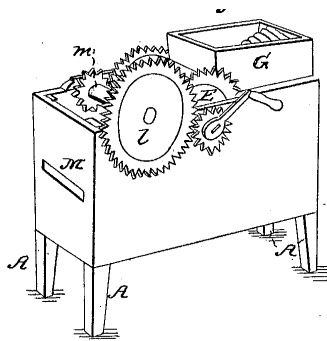
La capacidad de hibridación y las evidencias de la selección de individuos como medio mejoramiento de la especie son elementos fundamentales del maíz que trascienden a la historia de su domesticación convirtiéndolo en un recurso genético con un germoplasma altamente desarrollado al momento de la colonización europea, la cual se benefició en el siglo XVII de las técnicas desarrolladas en países del sur de Europa y posteriormente en el norte como la rotación de cultivos, la preparación de los suelos y las prácticas agrícolas (Harskamp, 2009).

Los pesticidas por su parte se hicieron un insumo fundamental debido a que la aparición del cultivo en un ecosistema favorecía poblaciones de quienes se alimentan de estos

hasta convertirse en plagas que consumen hasta el 90%. (Unsworth, 2010). Hacia 1940 el Dr. Paul Muller descubrió que el DDT, sintetizado desde 1874 por Othmar Zeidler, atacaba el sistema nervioso de los insectos siendo en pequeñas cantidades relativamente inocuo para los mamíferos, este descubrimiento lo convirtió en uno de pesticidas de uso más extendidos para el control de vectores en salud pública y agrícola. No obstante la importancia del descubrimiento hecho por Paul Miller reconocido con un premio nobel de fisiología y medicina en 1948, se observó que un uso extendido generaba alta afectación a la salud humana y al medio ambiente, desde entonces tanto el desarrollo de los agentes químicos usados como pesticidas y la fitopatología hicieron parte de las áreas de estudio para garantizar la viabilidad de los cultivos industriales como el maíz (Carson, 2002).

El crecimiento de las extensiones de maíz (*Zea Mays.*) hacían de la cosecha un desafío, pues manualmente se alcanzaba la separación de 10 a 25 Kg/hora de granos de maíz por persona, esto que llevo a la adaptación de herramientas mecanizadas para separar el grano del olote como el “*Sheller corn*” (ver figura 2 -2) de la cual la primera versión patentada fue dada a Lester E. Denison en 1839 registrada bajo la patente US 1283 A, (Denison, 1840), otras necesidades relacionadas con la separación del residuo vegetal de la mazorca fueron encontrando soluciones para ampliar la capacidad de cada paso del procesamiento (Mejía, 2003).

Figura 2-2: “Sheller Corn”



Fuente: (Denison, 1840)

Las soluciones desarrolladas para la mecanización de los procesos de cosecha del maíz fueron sumadas a lo que se conoce como maquina combinada creada por Hiram Moore

en 1834 que incorporó en el siglo XX el desarrollo del motor de combustión y otras tecnologías como controles satelitales, de carga, ajustes automáticos entre otros recursos de las maquinas modernas como la que se observa en la figura 2-3 del fabricante John Deere.

Figura 2-3: Combinada John Deere Serie Titán



Fuente: Imagen de dominio público, tomada de https://en.wikipedia.org/wiki/Combine_harvester

La Post-cosecha en una escala industrial enfrentó como la cosecha desafíos técnicos, la manipulación de los granos para evitar el ataque de roedores, hongos, insectos se benefició de la construcción de silos, el desarrollo de pesticidas, sistemas de gestión para garantizar condiciones óptimas del maíz después de ser producido. (Paliwal, Granados, Lafitte, et al., 2001).

Desde 1940, los gobiernos de México, Estados Unidos y la Fundación Rockefeller iniciaron un programa de investigación en trigo para incrementar los rendimientos de cosecha en México en busca de su autosuficiencia, este programa en 1965 ofreció soporte a India y Pakistán para mitigar el mayor déficit alimentario que existía en el mundo con semillas desarrolladas para resistir enfermedades e incrementar sus rendimientos (CIMMYT, 2016).

Esta asociación dio origen a la revolución verde como un hito que aglutinó las tecnologías para el mejoramiento de los rendimientos por hectárea del trigo pero extendido por el mismo CIMMYT al maíz desde 1972 demostrando en campo que tanto las tecnologías como los métodos de producción masiva de cereales mitigaría una

hambruna tan distante e intensa como la que India y Pakistán enfrentaron en los años 60's (CIMMYT, 2016)..

En el lapso entre 1950 y 1970 las semillas de alto rendimiento y las tecnologías de cosecha y pos cosecha importadas para mitigar la crisis alimentaria en India, duplicaron la producción de sus principales cereales como se resume en la tabla No. 2-1, (Chakravarti, 1973).

Tabla 2-1: Producción India de cereales en millones de toneladas 1950 - 1970

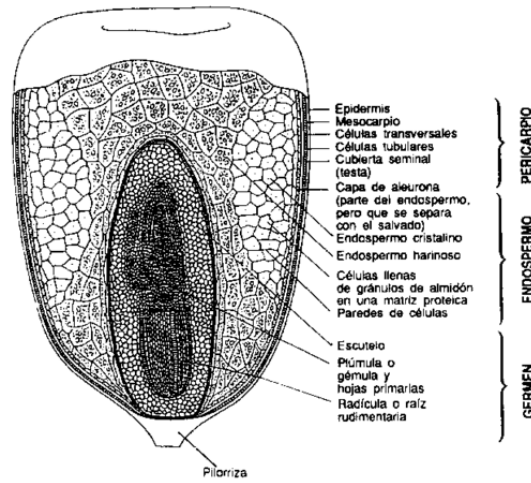
Cultivo	1950 - 51	1966 - 67	1967 - 68	1969 - 70
Arroz	20.58	30.44	37.61	40.43
Trigo	6.46	11.53	16.54	20.1
Sorgo	5.5	8.95	10.05	9.72
Millet	2.6	4.5	5.19	5.33
Maiz	1.73	4.99	6.27	5.67

Fuente: (Chakravarti, 1973)

2.1.2 Características y procesamiento del maíz

La historia del maíz explica por qué numerosas comunidades prehispánicas hicieron de este un pilar cultural y lo valoraron como un regalo de los dioses que sigue teniendo protagonismo hasta hoy como objeto de estudio. Una mirada más cercana al grano de maíz permitirá apreciar su valor alimentario y sus potencialidades como materia prima para los derivados en la industria de alimentos..

Figura 2-4: Partes del grano de maíz



Fuente: (Gwirtz & Garcia, 2014)

En el grano de maíz (*Zea Mays*.) puede dividirse en cuatro partes diferenciadas por sus estructuras, piloriza, pericarpio, endospermo y Germen, el primero de estos es el tejido que une el grano al olote, su porcentaje en el grano es de 0,8%, la segunda corresponde a la parte exterior con una textura lisa y rígida compuesta principalmente de hemicelulosa que forman estructuras celulares para favorecer el transporte de agua y nutrientes en su función como semilla, su porcentaje en el grano oscila entre 5 – 6%, el germen proporcionalmente corresponde a 10 -12% y dentro de este los principales compuestos son aceites y proteínas, finalmente el endospermo con un contenido de almidón entre 80 – 85% y dos estructuras principales denominadas harinosa y cristalina, en los dos casos el almidón se forma en capsulas recubiertas con una proteína que las protegen pero en el cristalino tal recubrimiento tiene un mayor porcentaje que explica la rigidez de esta estructura que se ve en la figura 2-4 (Watson, 1984).

Tabla 2-2 Peso y composición media de las partes del grano de maíz

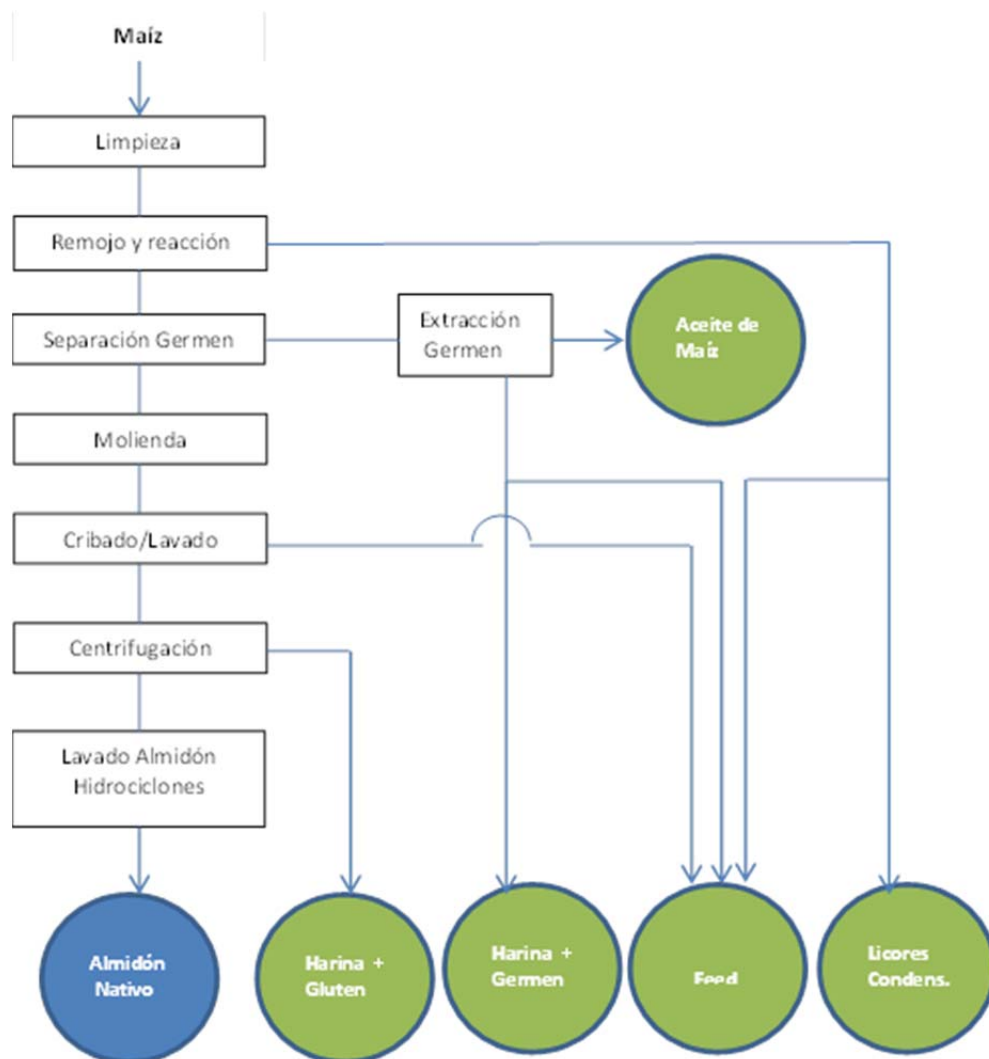
	% en peso seco del grano	Composición de las partes del grano de maíz (% base seca)				
		Almidón	Grasa	Proteína	Cenizas	Azúcares
Germen	11.5	8.3	34.4	18.5	10.3	11
Endospermo	82.3	86.6	0.86	8.6	0.31	0.61
Piloriza	0.8	5.3	3.8	9.7	1.7	1.5
Pericarpio	5.3	7.3	0.98	3.5	0.67	0.34
Grano Total	100	72.4	4.7	9.6	1.43	1.94

Fuente: (Watson, 1984) p. 377

De la anterior caracterización se observa que el maíz como alimento ofrece los diferentes tipos de macronutrientes en alimentación pero el hecho de que estén contenidos por grupos en estructuras separadas, permite que puedan separarse mediante operaciones unitarias para su posterior purificación, el registro de patente de 1881 dado a Thomas A. Jebb por un procedimiento en el que usaba tanques con agua para separar el almidón tomando cuidado del control de temperatura para garantizar la integridad de los diferentes productos contenidos en la lechada resultante para su posterior recuperación. Este proceso sumo otras innovaciones para maximizar la eficiencia y la segregación de las fracciones recuperadas del maíz como el aceite, los almidones, el germen, el gluten y al final el licor de maíz y las mezclas de fibra, resultantes como se esquematiza en el gráfico 2-5, donde se ilustra el proceso conocido como Molienda Húmeda o “*Wet Milling*”, el más extendido en la industria (Watson, 1984). La eficiencia del proceso sin embargo es afectada por numerosas variables en cada etapa de la molienda, en general se consiguen para la obtención del almidón valores entre 50 – 70% sobre el peso del maíz. (Eckhoff, Zehr, Rausch, et. Al.,1996).

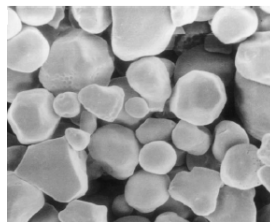
Dichos almidones, son macromoléculas formadas por unidades de gluco-piranósidos que se enlazan mediante grupos hemiacetales formando polímeros de alto peso molecular llamados amilosa y amilopectina, su biosíntesis está extendida en todo el reino vegetal como el principal mecanismo de reserva de energía (Perez, Baldwin, & Gallant, 2009).

Figura 2-5 Esquema del proceso de molienda húmeda

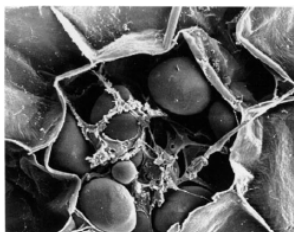


Fuente: (Davis, K., 2001)

A pesar que la definición del almidón aplica para el maíz y otras fuentes como el arroz, el trigo y la yuca (*Manihot Esculenta*) tienen variaciones en la formación que generan comportamientos diferentes en la absorción de agua, sus porcentajes grasas, proteínas imparten sus sabores característicos y sus pesos moleculares, la disposición de estos es determinantes diseñar del proceso de la extracción lo que a su vez redundará en la eficiencia de obtención de los almidones con fuentes distintas. En la gráfica 2-6 se ilustran gránulos de Maíz, y en la gráfica 2-7 gránulos de papa dentro de la estructura donde se aloja naturalmente. (Perez, Baldwin, & Gallant, 2009)

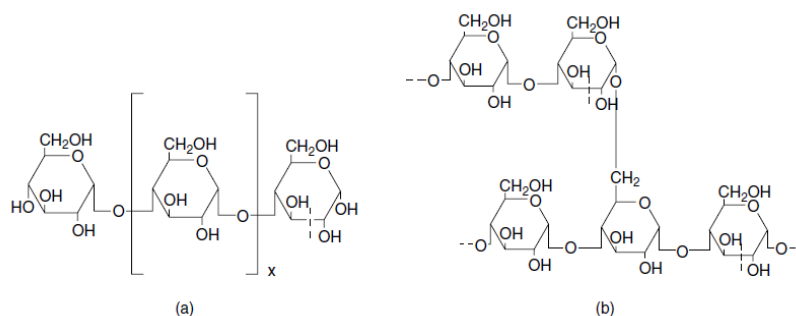
Figura 2-6: Gránulos de almidón de maíz (SEM)

Fuente: (Jane, 2009) p. 196

Figura 2-7: Gránulos in situ de la papa (SEM)

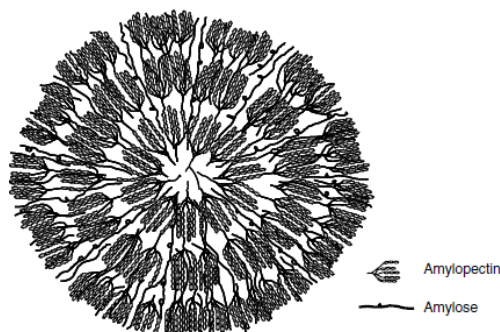
Fuente: (Pérez, Baldwin, & Gallant, 2009) p. 150

La estructura molecular del almidón ilustrado en la gráfica 2-8, se observa la amilosa (a), con una forma lineal debido a la prevalencia de enlaces (1-4) α que a su vez, adoptan una configuración helicoidal espacialmente, mientras que la Amilopectina, con una frecuencia alta de enlaces (1-6) α adquiere una estructura altamente ramificada que la va a favorecer por su comportamiento con el agua para uso industrial. Generalmente la proporción de amilosa en el almidón de maíz varía entre 25 – 30% mientras que la amilopectina está entre 75- 80%, esta última tiene ventajas en su aplicación industrial, el primer reporte de una variedad silvestre con alta concentración de amilopectina se presenta en China (Perez, Baldwin, & Gallant, 2009) .

Figura 2-8: Estructuras químicas. a) Amilosa b) Amilopectina

Fuente: (Perez, Baldwin, & Gallant, 2009)

Figura 2-9: Distribución de la amilosa y la amilopectina en el gránulo



Fuente: (Jane, 2009) p. 227

2.1.3 Productos derivados del almidón del maíz

Las propiedades de los almidones han sido aprovechadas en la industria de alimentos por ser una fuente económica e idónea para la producción de aditivos para incorporar texturas, estabilidad, viscosidad, entre otras características a las preparaciones (ver tabla 2-3), (Mason, 2009).

Tabla 2-3: Función de los derivados de los almidones en varios sistemas de alimentos procesados

Función	Alimento Procesado
Adhesion	Alimentos batidos y apanados
Ligante	Carnes formadas, adición de sabores en snaks
Enturbiante	Bebidas
Crocancia	fritos y horneados
Empolvar	Gomas masticables, panaderia
Estabilizacion Emulsion	Cremas y bebidas
Encapsulación	Sabores
Expansion	Snacks y cereales
Sustitucion de grasa	Helados, salsas
Estabilizacion de espuma	Masmelos
Gel	Gelatinas y gomas
Glacado	Panaderia y snaks
Retencion de humedad	Carnes, bizcochos
Viscosidad	sopas, rellenos

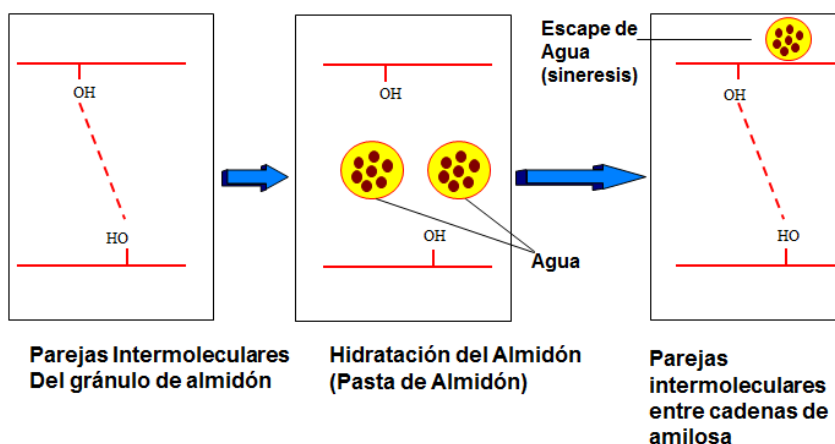
Fuente: (Mason, 2009, p.149)

Los almidones pueden entrecruzarse, fraccionarse, dextrinizarse hasta jarabes de glucosa, glucosa, estos reducidos en polioles y aun después ser sometidos a otras reacciones químicas que dan origen a diversas entidades, pero dentro del consumo de los derivados químicos del maíz estos son los más representativos al menos en la industria de alimentos colombianos, y a su vez corresponden a una segmentación alineada con el arancel colombiano que permitirá más adelante analizar de los reportes de importación entregados por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales DIAN.

ALMIDONES MODIFICADOS:

El almidón nativo del maíz, como otras fuentes de almidones, sufren un fenómeno conocido como retrogradación que consiste en el rompimiento de los puentes de hidrogeno que mantienen la disposición original del gránulo cuando este se hidrata, en el proceso quedan atrapadas moléculas de agua, dando lugar a la gelatinización y posteriormente a la sinéresis que es un reordenamiento de dichas moléculas ya desintegrada de la estructura original del gránulo donde se vuelve a repeler el agua para restablecer enlaces por puentes de hidrogeno (BeMiller & Huber, 2010).

Figura 2-10: Proceso de retrogradación



Fuente: (BeMiller & Huber, 2010).

Este comportamiento se acentúa cuando las cadenas del almidón son lineales, por esta razón las fuentes con alto contenido de amilo-pectina son más adecuados para evitarlo y tanto el maíz waxy como la yuca tienen una mayor idoneidad que otras fuentes para la producción de derivados de los almidones para la industria de alimentos (BeMiller & Huber, 2010).

La ruptura de las cadenas de la amilo-pectina permiten aumentar la fluidez y mejorar la textura en aplicaciones que requieren homogenización, a esta modificación se le conoce como fluidificación y se realiza generalmente por hidrólisis acida. Otros grupos químicos como las funciones hidroxipropil estabilizan los almidones reduciendo su afinidad por el agua sin llegar a entrecruzar los almidones, en esta modificación el almidón otorga calidad en la textura de formulaciones expuestas a condiciones de altas temperaturas (BeMiller & Huber, 2010)..

La pregelatinización como su nombre sugiere, es otro procedimiento aplicado sobre el almidón nativo que consiste en llevarlo a su natural proceso de gelatinización, cuidando las condiciones para que pueda ser secado con vapor y lograr que al ser aplicado recupere a bajas temperaturas una alta viscosidad, este tipo de productos es útil en procesos industriales con baja temperatura que requiere viscosidad considerable como los rellenos de frutas en industria de confitería o panadería (Chiu & Solarek, 2009) .

La literatura es constante en describir las reacciones químicas que dan lugar a las modificaciones de los almidones sin restricción alguna por su origen, aunque si es claro en explicar que la composición y la disposición de los gránulos, definen características propias del producto logrado, por lo que el espectro de aplicaciones es heterogéneo en lo que respecta a la idoneidad o conveniencia de los almidones modificados de acuerdo a su origen (Mason, 2009).

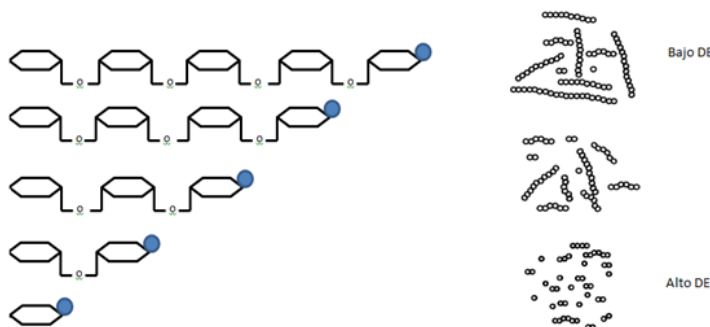
MALTODEXTRINAS O JARABES DE GLUCOSA

Cuando Europa aun sufría los bloqueos en el suministros de azúcar por las consecuencias de las guerras napoleónicas, Gottlieb Sigismund Constantin Kirchhoff descubrió en 1811 la hidrólisis por catálisis acida de los almidones, produciendo una sustancia dulce que resultó ser por grupos α D-Glucopiranososa resultante de la ruptura de

la cadena y equivalente a la percepción del sabor dulce de una molécula de Glucosa, entre más intensa era la ruptura del almidón mayor era el sabor dulce resultante (Hobbs, 2009).

Este espectro de productos obtenido de la catálisis de los almidones utiliza el concepto de Dextrosas Equivalentes (DE) para medir el nivel de ruptura de las cadenas del almidón. En la gráfica 2-11 se ilustra en la parte a. como la estructura química del almidón expone en su último eslabón un grupo de α D-Glucopiranososa cuya concentración va aumentando a medida que la cadena se recorta así como las dextrosas equivalentes que aumentan la percepción sensorial dulce hasta convertirse en Glucosa pura con DE =100 (BeMiller & Huber, 2010).

Figura 2-11: Variación de las DE en las maltodextrinas



Aunque la posibilidad de productos es amplio, para efectos de la clasificación de mercancías en el comercio internacional se hace una segmentación de los productos obtenidos a partir de grados diferentes de Dextrosas Equivalentes DE:

Maltodextrinas: $DE \leq 20$

Jarabes secos de glucosa: $20 < DE < 99$

Dextrosa: $DE = 100$

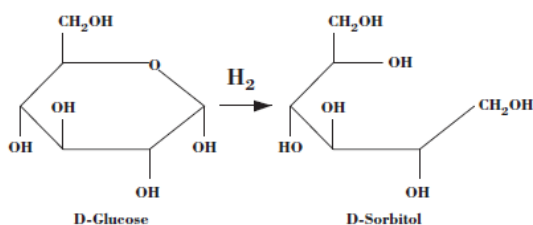
Las maltodextrinas son empleadas de forma extendida como vehículos de sabores o diversas sustancias orgánicas para homogenizar formulas en polvo, a medida que el valor de DE disminuye, se incrementa la viscosidad de los polvos reconstituidos en agua,

el poder anti-cristalizante y el punto de fusión en los líquidos, cuando aumenta el valor del DE, aumenta el sabor dulce, la higroscopicidad, las reacciones que originan el pardeamiento al calor, y en bebidas la fermentabilidad y la glucosa, definida con concentración mayor a 99% tiene aplicación confitería, formulaciones orales e inyectables farmacéuticas, entre otras de consumo masivo (BeMiller & Huber, 2010).

POLIOLES

Los carbohidratos obtenidos del almidón pueden ser hidrogenados para obtener otro grupo de productos denominado polioles cuyas características tienen mayor valor agregado y amplio uso en la industria, por tener una característica química diferente, su metabolización en el organismo aporta menos calorías mientras conservan propiedades endulzantes, tiene amplio uso en cremas dentales, confitería, panadería, chocolatería, chicles así como presentaciones solidas e inyectables en la industria farmacéutica.

Figura 2-12: Origen de Sorbitol



Fuente: (BeMiller & Huber, 2010)

2.2 La yuca

De forma semejante a los antecedentes del maíz, se hace a continuación una revisión de los antecedentes de la yuca (*Manihot Esculenta*) para conocer su evolución como recurso agrícola así como sus características y procesos para obtener su almidón.

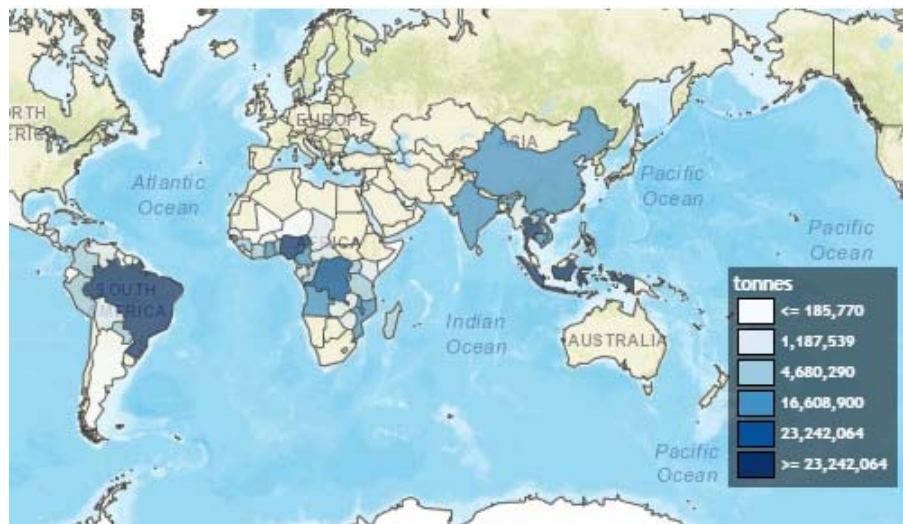
2.2.1 Evolución de la Yuca como cultivo en Colombia

Aunque las evidencias fósiles no son determinantes para establecer el origen de la yuca (*Manihot Esculenta*), la información disponible sugiere que es propio de las zonas tropicales de América del sur así como su domesticación hace 7000 años aproximadamente, en la actualidad se constituye como uno de las cuatro fuentes de almidones más importantes para la seguridad alimentaria del mundo, particularmente en regiones tropicales donde se expandió como un cultivo de subsistencia por su capacidad para tolerar condiciones de suelos con irrigación y disponibilidad de nutrientes limitado, que otras especies no toleran (Ospina y Ceballos, 2002).

En los años 60's el rendimiento por hectárea registrado en Brasil, principal productor del mundo de yuca, superaba el del maíz en el cinturón maicero de los Estados Unidos, a inicio del año 2000 el mismo comparativo mostraba casi el doble de rendimiento del maíz (*Zea Mays*) frente a la yuca (*Manihot Esculenta*), la diferencia puede explicarse en los presupuestos de investigación y desarrollo de los países envueltos en un contexto económico precario y una presión por el desarrollo urgente de alternativas que tengan un efecto inmediato en los inventarios de alimentos. Varias iniciativas de investigación y desarrollo entre ellas, la del Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT) en la década de los 70's en Colombia, fue consolidándose como pionero con la construcción de una base de conocimiento para el aprovechamiento del recurso (Ospina y Ceballos, 2002).

La menor dispersión del germoplasma de la yuca (*Manihot Esculenta*) concentró sus variedades entre la región centro de Brasil y la cuenca del Amazonas, haciendo más estrecho el rango de latitudes donde se maximiza la producción de almidón, (ver gráfica 2-13). A pesar de que la yuca no tuvo todo el desarrollo agroindustrial de las otras fuentes de almidones, es notable observar que hasta el 2014 representa la cuarta fuente de carbohidratos después del Maíz, trigo y el Arroz con aproximadamente 300 Millones de toneladas anuales (reporte de FAOSTAT del 2014) de las cuales más del 50% producidas en África principalmente como cultivo de subsistencia de pequeños productores con acceso a suelos pobres donde el cultivo de yuca (*Manihot Esculenta*) tienen mejor desempeño que otros (Faostat, F. A. O., 2014).

Figura 2-13: Producción global de yuca en 2014



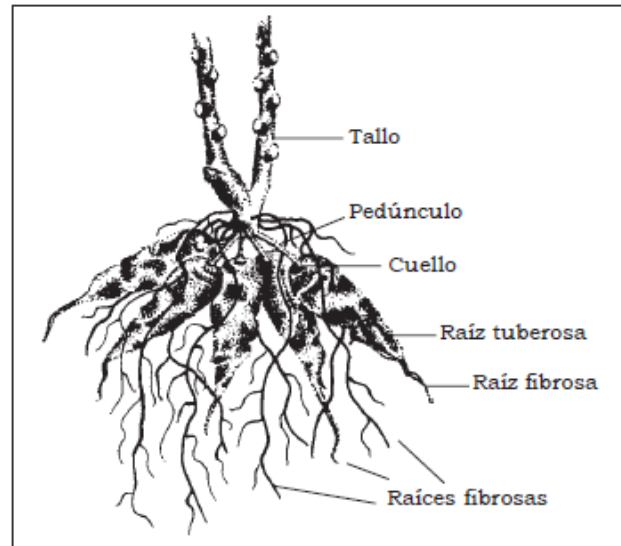
Fuente: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> Tomado 9 Abril/16

Entre los ejes de investigación se encuentra la identificación de especies para la construcción de un banco de germoplasma que garantice la diversidad de las variedades nativas, seguido del análisis de los procesos agrícolas como la mecanización para la preparación del suelo, la siembra y la cosecha encaminadas a ofrecer a los agricultores alternativas de mejoramiento de sus rendimientos por hectárea en el que dominan minifundios con procesos manuales, e infortunadamente afectados por variables de orden público y condiciones económicas que limitan el acceso al financiamiento, y su vez a las soluciones tecnológicas que dificultan su implementación persistiendo en muchos casos bajas eficiencias de pequeños productores de yuca en Colombia, (Ospina, García, & Alcalde, 2002).

2.2.2 Características y procesamiento de la yuca

Distinto a los cereales como el maíz, el principal tejido que almacena almidones en la yuca está en su sistema radical donde algunos donde se forman raíces tuberosas dispuestas en forma radial mientras otro conjunto de raíces fibrosas que caracterizan el sistema, alcanzan profundidad de hasta 2.5 metros, una adaptación para tolerar estrés hídrico extendiendo el espacio de búsqueda de nutrientes (Ceballos & de la Cruz, 2002).

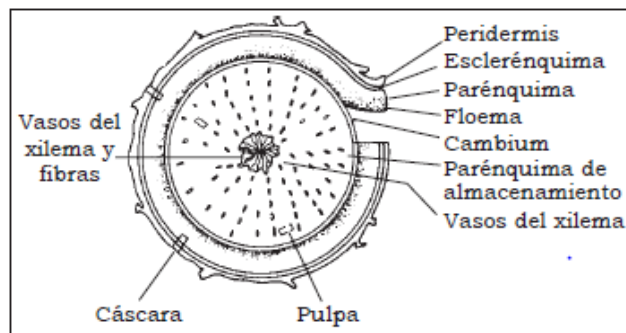
Figura 2-14 Sistema radical de la yuca



Fuente: (Ceballos & de la Cruz, 2002)

En un corte transversal de la raíz tuberosa, se observa que la concentración del almidón ocurre en el xilema secundario. A medida que el depósito de almidón crece, la raíz tuberosa tiene un diámetro mayor que ocasiona en las capas externas (peridermis) su rompimiento debido a su consistencia rígida que no acompaña el crecimiento formando una apariencia rugosa o leñosa que hace parte de su protección, el Xilema que cumple una función de transporte desde la raíz a la planta tiene una consistencia fibrosa que debe ser retirada en el proceso industrial aunque su proporción es relativamente pequeña, su espesor y dureza son características varietales haciendo la yuca más o menos fácil de procesar para obtener su almidón (Ceballos & de la Cruz, 2002).

Figura 2-15: Corte transversal de una raíz tuberosa de yuca



Fuente: (Ceballos & de la Cruz, 2002)

El contenido materia seca de la yuca fresca oscila entre 30 – 40% y el del Almidón en la yuca en base seca se próxima al 84%, su contenido de proteínas y grasas es bajo con respecto al almidón de maíz que facilitan su hidratación, su estructura y disposición sugiere un proceso menos complejo para la obtención que la del maíz, no obstante la yuca (*Manihot Esculenta*) una vez cosechada tiene un proceso conocido como “Deterioro Fisiológico de pos cosecha” (DFP) que ocasiona estrías azules en la periferia que rápidamente se extienden al interior hasta tornarse marrón y obligan q a que el consumo sea dentro de los tres días para garantizar una condición aceptable, otra particularidad de la yuca, es la presencia de Linamarina, un glucósido cianogénico que resulta altamente toxico para el consumo humano si no es tratado para eliminarlo (Ceballos & de la Cruz, 2002).

Tabla 2-4: Composición de la yuca en base seca

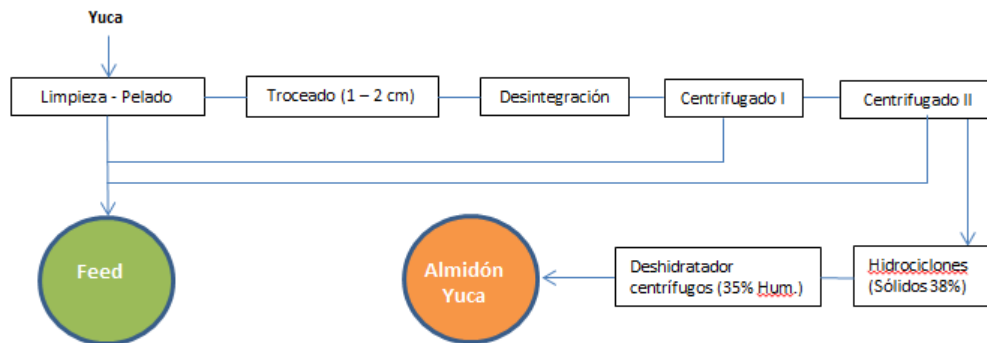
Componentes	Contenidos (%)	
	Raiz con Cáscara	Raiz sin Cáscara
Materia seca	100	100
Carbohidratos Disponibles	83.8	92.4
Proteina cruda	3.05	1.56
Extracto etéreo	1.04	0.88
Ceniza	2.45	2
Fibra vegetal	10.86	4.35
Hemicelulosa	1.16	1.45

Fuente: (Ceballos & de la Cruz, 2002)

En varios aspectos la yuca (*Manihot Esculenta*) ofrece características privilegiadas para la producción de almidones pero el rápido proceso de deterioro fisiológico hace exigente el manejo logístico de grandes escalas de producto en la etapa de pos cosecha. El proceso inicia con una separación mecánica de tierra e impurezas que vienen adheridos, antes de ser sometidas a un lavado, las raíces limpias son sometidas a una reducción de tamaño por medio de trituradores que en una segunda etapa separan el parénquima, la pulpa y la corteza, expuesta la pulpa, se utiliza linamarasa en una atmósfera controlada que entra en contacto el material para maximizar la velocidad de formación del ácido cianhídrico que resulta en la inhibición del glucósido cianogénico que lo hace tóxico,

posteriores etapas de secado llevan el almidón integral a una humedad máxima de 12% para ser empacado (Silva, Ospina & Alonso, 2002).

Figura 2-16: Proceso de producción del Almidón de Yuca



Fuente: (Silva, Ospina & Alonso, 2002)

3. Análisis desde el concepto de cadenas productivas

La hipótesis de investigación del presente trabajo, parte del supuesto que la yuca (*Manihot Esculenta*) tiene condiciones para competir como sucedáneo de la materia prima de los derivados de los almidones del maíz que llegan a la industria de alimentos colombiana, no obstante, el repaso histórico de la evolución de cada uno de estos recursos, muestra que no parece obvio dado que el maíz (*Zea Mays.*) ha sido objeto de mejoramiento desde hace 10000 años aproximadamente , especialmente desde inicios del siglo XX como objeto de estudio y aplicación de la mayoría si no todos los avances técnicos de la agricultura industrial, el desarrollo de nuevos productos, la evolución sostenida de los mercados que posicionan al maíz como la primera fuente de almidones y el segundo producto agrícola después de la caña de azúcar a nivel mundial. Del otro lado, la yuca (*Manihot Esculenta*) con antecedentes también milenarios pero casi olvidada por las políticas de investigación y desarrollo de los países tropicales donde se ubica su lugar de máxima producción.

3.1 Diseño metodológico

El diseño Metodológico de este trabajo es de corte Hipotético - Deductivo alimentado por la revisión de datos y documentos secundarios tal como señala la estructura de Investigación de Quivy y Campenhoudt en su libro Manual de Investigación en Ciencias Sociales (2006), el cual establece tres actos del procedimiento: la ruptura, la estructuración y la comprobación. En la primera etapa, se hace una revisión histórica de los hitos que desarrollan el maíz y la yuca independientemente como recursos agrícolas e industriales para establecer un paralelo de su evolución como punto de partida e hilo conductor de la pregunta que motiva la investigación. Cuál es el valor de la demanda y las condiciones de la cadena productiva de la yuca para participar en el mercado de

materias primas en la industria de alimentos colombiana a través de la producción de los derivados de sus almidones?

En la Estructuración del modelo de análisis se emplea el concepto de las cadenas productivas como eje teórico para orientar el trabajo aprovechando este como una referencia conceptual empleada por las entidades del gobierno colombiano para esquematizar, identificar y asignar recursos de investigación orientados al desarrollo de industrias consideradas relevantes por su impacto social y económico de cara a los escenarios de libre competencia en los que Colombia se incorpora crecientemente a través de los tratados de libre comercio que obligan a considerar los postulados de la teoría de la competitividad expuestos principalmente por Michael Porter para interpretar las informaciones obtenidas y definir su alcance.

Para la etapa de comprobación se utilizan las informaciones disponibles en entidades públicas y privadas de los mercados contenidos en la cadena productiva de la yuca y el maíz en Colombia para elaborar un esquema que permita la comparación y los flujos de productos entre los eslabones de las cadenas en el mercado interno, así mismo las bases de datos de los registros de importación suministrado por DIAN aprovechando su nivel de detalle, actualización y segmentación por posiciones arancelarias para estimar el impacto de la importaciones.

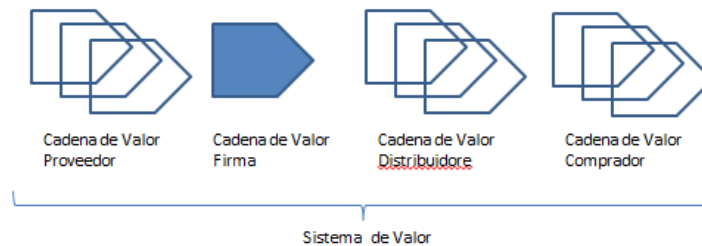
Estas informaciones y los antecedentes utilizados para generar la etapa de ruptura, se emplean para caracterizar los actores de las cadenas y hacer un paralelo para valorar las diferencias y las condiciones de la cadena productiva de la yuca para servir el eslabón de las materias primas que llegan a la industria de alimentos en Colombia.

3.2 Concepto de la cadena productiva

El concepto de Cadenas productivas tiene origen en el concepto de encadenamientos propuesto por Albert Hirschman en “the Strategy of Economic Development” publicado en 1958, como un mecanismo para generar valor a través de la cooperación entre firmas, y posteriormente en el concepto del sistema de valor propuesto por Michael Porter en “Competitive Advantage” en 1985 en el que actúan grupos de empresas que compiten en

un mismo eslabón encadenándose entre compradores y vendedores hasta llegar al consumidor final (Isaza, 2008).

Figura 3-1: Esquema sistema de valor



Fuente: (Porter, 2011)

El primero de estos autores llega al concepto desde la teoría de la firma y el segundo desde la teoría de las organizaciones, siendo convergentes en la interpretación del proceso que lleva una materia prima a convertirse en un producto terminado que es puesto a disposición del consumidor final a través de interfaces tecnológicas contenidas en diferentes grupos de organizaciones, este concepto sin embargo, no explica por si solo todas las resistencias que enfrentan los emprendimientos en los países emergentes por lo que el análisis lleva a considerar factores externos a las organizaciones para entender la competitividad particularmente en el paralelo entre países emergentes y desarrollado en el contexto de los mercados globalizados (Garay, 2004).

En este sentido Ronald Coase en su texto de 1937 titulado "*The Nature of Firm*", introduce el concepto de los costos del sistema de precios que evolucionó hasta la teoría de los costos de transacción principalmente a través de Oliver Williamson galardonado en 2009 con el premio nobel de economía por este trabajo que revela las características de tales costos no sustantivos del producto, pero igualmente determinantes en la competitividad de la firma (Coase,1937).

El costo de los seguros para cubrir la potencial pérdida por eventos climáticos, biológicos, cambiarios, de orden público, entre otros. El pago de comisiones, gastos de representación para disponer una fuerza de ventas que desarrolle el proceso de negociación. Los costos relacionados con las ineficiencias de la infraestructura de un país para hacer efectiva la entrega de los productos. También costos financieros

inherentes a los términos de pago ofrecido a los clientes o servicios de asistencia jurídica ante conflicto entre las partes cuando obligan a un arbitramento o proceso judicial (Jeffee,1995).

Estos factores de costo en esencia exógenos a gestión de la firma, tienen una relevancia tal que forman un gradiente que orienta naturalmente a las firmas hacia modelos de aglomeración o coordinación para controlar o mitigarlos buscando favorecer en conjunto su competitividad, cosa que ya desde el siglo XIX motivó a Alfred Marshall a proponer los distritos industriales en 1890 que posteriormente fueron la base conceptual de los “clusters” como una estrategia para ganar eficiencias en la producción de sectores específicos con un alcance local que ha venido siendo replanteado a medida que la evolución tecnológica y el grado de valor agregado de los productos hace menos sensible de la ubicación geográfica este modelo integración (Asheim, 2000).

Tanto el concepto de los distritos industriales o “clusters” como el de la cadena productiva, se refieren a la coordinación de firmas que cooperan para estimular factores de desarrollo incluidos los relacionados con disminuir costos de transacción, la diferencia principal radica en que la cadena productiva tiene como eje de análisis la agregación de valor de una materia prima sometida a diferentes interfaces tecnológicas para construir la propuesta de valor que llega al cliente mientras que el “cluster” gravita en un proceso servido por un complejo de proveedores de insumos y servicios.

La disponibilidad de tierras cultivables, agua, biodiversidad, ubicación geográfica, entre otros factores, hacen de Colombia una reserva agrícola diferenciada, razón que sumada al impacto social de la agricultura, hace de su desarrollo una prioridad de la política industrial y la agregación de valor desde la materia prima a través de las cadenas productivas como eje conceptual más idóneo.

Si bien el alcance del presente trabajo está en las posibilidades de la misma cadena productiva, cabe resaltar que es el tejido del conjunto de cadenas productivas o sistemas de valor como lo llama M. Porter, genera un tejido que da lugar a la competitividad estructural como un potenciador de valor agregado gracias a que la disponibilidad de bienes y servicios que minimiza los costos de transacción.

3.3 Cadenas Productivas en Colombia

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) como organismo técnico y soporte del Ministerio de Comercio, industria y Turismo (Decreto 246 de 2002), creó perfiles sectoriales basados en el concepto de cadena productiva como eje conceptual para caracterizar y priorizar aquellas que tengan condiciones favorables para competir en el marco de los tratados de libre comercio particularmente con Estados Unidos, dentro de la metodología estructuró un análisis que inicia con las generalidades de la cadena, relacionando la relevancia del sector en la producción nacional y la generación de empleos. Así identificadas las cadenas, estas fueron detalladas para esquematizarlas y relacionar los productos agrupados por las posiciones arancelarias que a su vez sirve como un criterio para estimar el valor agregado, identificar como pueden los productos de cada eslabón, estar relacionados con otras cadenas productivas y contar con el registro de las estadísticas de importación y exportación para evaluar objetivamente su evolución, orígenes, destinos, participantes del mercado entre otros elementos (DNP, 2004).

De otro lado el Gobierno Colombiano establece a través de la Ley 29 de 1990 su responsabilidad en el fomento de la investigación científica como elemento de desarrollo social y económico para el país y posteriormente con la Ley 1286 de 2009 con la que da forma a las entidades que se encargan de la estrategia y la gestión de recursos para cumplir con esta función. Paralelamente, desde inicio de los años 80's entidades como el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Instituto Colombiano Agropecuario diseñaron programas de transferencia de tecnología Agropecuaria financiados por organismos internacionales como el Sistema Nacional de Tecnología Agropecuaria SINTAP en 1989 y el Programa de Transferencia de Tecnología Agropecuaria PRONATTA en 1995, (Uribe, Fonseca, Bernal, et al., 2011) .

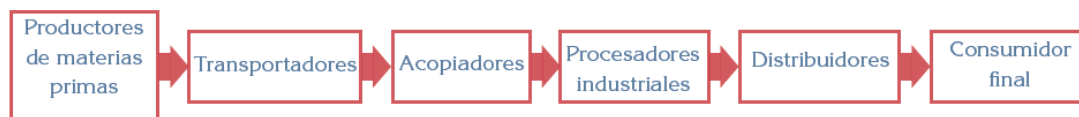
Estos programas fueron articulándose bajo la tutela del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) hasta el Proyecto Transición de la Agricultura y el Medio Rural en el año 2004 en el cual son asignados recursos a proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación a través de agendas prospectivas elaboradas para las cadenas productivas cuyo concepto, objetivos y características fueron establecidos en la Ley 811 de 2003 e incorporada en la Ley General de Desarrollo Agropecuario y

Pesquero correspondiente a la Ley General No. 101 de 1993 (Uribe, Fonseca, Bernal, et al., 2011).

En este contexto el MADR inició en el año 2006 con el apoyo de entidades Internacionales como la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), el programa de Prospectiva de Colciencias y otros grupos de investigación de Universidades Colombianas, el análisis y Diagnóstico de 24 cadenas productivas para la elaboración de sus agendas de investigación, desarrollo tecnológico e Innovación que el MADR utilizaría como criterio para la priorización en el uso de los recursos de investigación. (Uribe, Fonseca, Bernal, et al., 2011).

En dicho trabajo, se presentan varias cadenas cuyos ejes, son productos agrícolas como la papa criolla, la caña de azúcar y hortalizas, con eslabones comunes que son resumidos por la Organización de la Naciones Unidas para el desarrollo Industrial ONUDI en su publicación titulada Manual de Mini-cadenas Productivas junto al Ministerio de Comercio Industria y Turismo como un esfuerzo por ofrecer un “referente conceptual”, “elemento didáctico” y guía para la identificación, conformación y desarrollo sostenible de mini-cadenas productivas (Giraldo, 2004)

Figura 3-2: Cadena Productiva (Agroindustria)



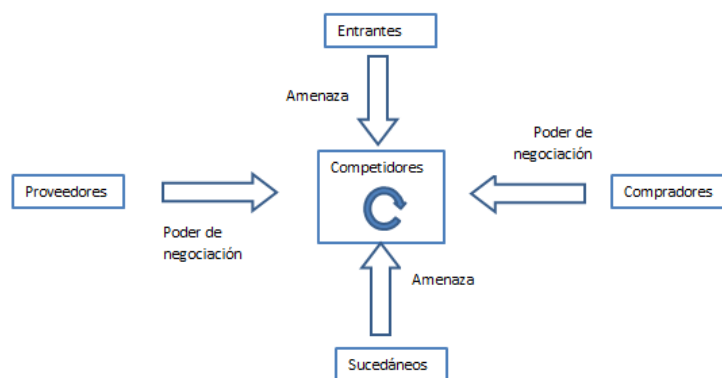
Fuente: (Isaza, 2008)

Aunque las cadenas productivas del Maíz y Yuca no fueron objeto inicial del análisis del MADR para el desarrollo de las agendas prospectivas de investigación, la de la yuca fue creada posteriormente ante la entidad y actualmente hacen parte de las 34 registradas en el Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas (SIOC) del mismo ministerio, la cadena del maíz propiamente está contenida en la Cadena productiva de Alimentos Balanceados, avicultura y porcícola, por lo que una descripción específica no está disponible como si ocurre, en la Superintendencia de Industria y Comercio en un documento de 2012 titulado Cadena Productiva del Maíz: Industrias de Alimentos Balanceados y Harina del Maíz (SIC, 2012).

3.4 Elementos desde la teoría de la estrategia competitiva

Varios postulados de Michael Porter sirven para estructurar un análisis competitivo entre las cadenas de la yuca y el maíz, el de las 5 fuerzas de Porter que es un referente presentado en 1980 en su libro la Estrategia Competitiva, explica sin embargo que se aplica a la firma como unidad de análisis en el mercado donde actúa, las cadenas del Maíz y la Yuca por tanto, no tendrían condición de ser usadas para el análisis directo de este concepto por lo que es necesario concentrar el análisis sobre un actor en la cadena del maíz y la cadena de la yuca que compiten en el mercado de las materias primas de la industria de alimentos colombiana donde se ubican los compradores (Porter, 2008).

Figura 3-3: Fuerzas Competitivas de Porter



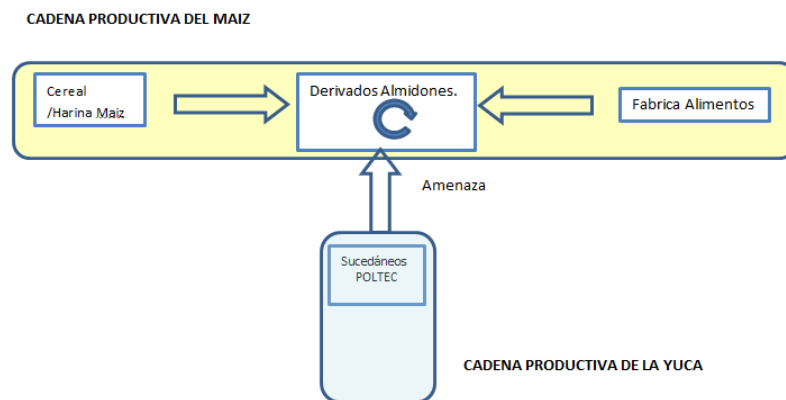
Fuente: (Porter, 2008)

Dado que actualmente la cadena del maíz tiene en sus eslabones un productor con posición dominante de derivados del almidón para el mercado colombiano y desde la cadena de la yuca un productor nacional con condición de producir sucedáneos tenemos configurada una competencia que puede describirse desde las fuerzas de Porter con un representante de cada cadena productiva, esta última específicamente con una condición de sucedáneo.

En este contexto, el escenario colombiano estaría definido por proveedores, un productor de los derivados del maíz y compradores en el mercado de materias primas para la industria de alimentos en Colombia, paralelamente proveedores en la cadena productiva de la yuca que anteceden a un productor (POLTEC SAS - <http://www.poltecsas.com/>) de

derivados de sus almidones sucedáneos, en el último eslabón de su cadena como se muestra en la figura 3-4

Figura 3-4: Relación de las cadenas productivas con el mercado de derivados de los almidones



Dentro de los elementos de análisis para evaluar las barreras de entrada a los sucedáneos, Michael Porter utiliza las economías de escala, la diferenciación de productos, los requerimientos de capital, costos de cambio, el acceso a canales de distribución, estructura de costos, regulatorios, que pueden evaluarse de forma objetiva sobre las firmas y no sobre cadenas. Esto lleva a advertir que el análisis es representativo solo en la medida que la condición de tener una sola firma desde cada cadena, se mantenga.

De otro lado, Michael Porter, es amplio al explicar la diversidad de los elementos inherentes y exógenos a la firma que explican que la competitividad se aleje estrategias genéricas como una posición de costo que incluso la cadena de valor puede superar ampliamente a través de ventajas competitivas originadas en las actividades básicas (5) y de soporte (4) descritas por Michael Porter en la cadena de valor, así como la competitividad sistémica de un país (Porter, 2011).

Lo anterior muestra que el análisis de la cadena productiva de la yuca como una aproximación para estimar la potencialidad desde una estrategia basada en una posición de costo podría ser importante pero dista de ser un determinante de la viabilidad en la industria en la que se propone participar, ya que diversos factores inexistentes para la realización de este trabajo, también son relevantes para estimar una condición

competitiva para participar en el mercado de materias primas para la industria de alimentos.

4. Descripción y Comparación de las cadenas productivas del Maíz y la Yuca en Colombia

La definición de cadena productiva establece que sus eslabones inician en las materias primas o insumos hasta llegar al consumidor final, no obstante la definición materia prima y consumidor final es relativo, en el Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas (SIOC), aparecen registradas independientemente las cadenas porcícola y de alimentos balanceados por una necesidad de enfoque que puede facilitar la articulación de sus actores para la toma de decisiones pero visto desde una perspectiva más amplia es claro que la cadena de alimentos balanceados antecede la de la cadena porcícola, tal como requeriría la cadena del maíz si el análisis pretende esquematizar desde sus materias primas hasta los clientes finales definidos estos como los consumidores de alimentos procesados con sus almidones. A continuación se describen los componentes de las cadenas del maíz y la yuca en un ejercicio de enlazar los eslabones documentados para lograr una versión extendida que permita llegar al eslabón que define el trabajo como el consumidor final.

Para este propósito se utilizan informaciones compiladas del mercado interno colombiano para las cadenas del maíz y la yuca de entidades como el MADR, los informes sectoriales y a nivel internacional por la FAO en su sistema FAOSTAT así como, las estadísticas de importación en la Dirección de Impuesto y Aduanas Nacionales de Colombia (DIAN) donde se registran detalles de cada transacción de importación en el país. En este instrumento las partidas arancelarias obedecen a una nomenclatura armonizada internacionalmente en la que se agrupan los productos por sus características tal como muestra en la tabla 4-1 para los productos analizados en el presente trabajo.

Tabla 4-1: Posiciones arancelarias – Arancel Colombiano

Subpartida	Descripción
0714	Yuca
0714.10.00.00	Raíces de mandioca yuca - frescas - refrigerados - congelados o secos incluso troceados o en pellets
1005	Maíz
1005.90.11.00	Maíz duro zea mays convar vulgaris o zea mayz var indurata - Amarillo
1005.90.12.00	Maíz duro zea mays convar vulgaris o zea mayz var indurata - Blanco
1005.90.20.00	Maíz reventon zea mays convar micorsperma o zea mays var everta
1108	Almidón y fécula; inulina.
1108.11.00.00	Almidón de trigo
1108.12.00.00	Almidón de Maíz
1108.13.00.00	Almidón de Papa
1108.14.00.00	Almidón de Yuca
1108.19.00.00	Otros Almidones
1702	Los demás azúcares, incluidas la lactosa, maltosa, glucosa y fructosa (levulosa) químicamente puras, en estado sólido; jarabe de azúcar sin adición de aromatizante ni colorante; sucedáneos de la miel, incluso mezclados con miel natural; azúcar y melaza caramelizados.
1702.30	Glucosa y jarabe de glucosa, sin fructosa o con un contenido de fructosa, calculado sobre producto seco, inferior al 20% en peso:
1702.30.10.00	Con un contenido de glucosa superior o igual al 99% en peso, expresado en glucosa anhidra, calculado sobre producto seco (Dextrosa)
1702.30.20.00	Jarabe de glucosa
1702.30.90.00	Las demás
2905	Alcoholes acíclicos y sus derivados halogenados, sulfonados, nitrados o nitrosados.
	Los demás polialcoholes:
2905.43.00.00	Manitol
2905.44.00.00	D-glucitol (sorbitol)
3824	Preparaciones aglutinantes para moldes o núcleos de fundición; productos químicos y preparaciones de la industria química o de las industrias conexas (incluidas las mezclas de productos naturales), no expresados ni comprendidos en otra parte.
3824.60.00.00	- Sorbitol, excepto el de la subpartida 2905.44
3505	Dextrina y demás almidones y féculas modificados (por ejemplo: almidones y féculas pregelatinizados o esterificados); colas a base de almidón, fécula, dextrina o demás almidones o féculas modificados.
3505.10.00.00	- Dextrina y demás almidones y féculas modificados

Fuente: (DIAN, 2016)

4.1 Cadena productiva de la yuca

En 2012 fue constituida la “Organización de Cadena Agroindustrial de la Yuca” compuesta por COLFEYUCA, AGROLLANOS, Asociación de Rallanderos del Cauca, Almidones de Sucre, CONFECAMPO, CONGELAGRO, SOLLA, CORPOICA, Industrias del maíz, CLAYUCA, UNICAUCA, CIAT, AGRINOS, BANCO AGRARIO, BOLSA MERCANTIL DE COLOMBIA y los responsables de MADR para la gestión de la cadena, la cual, también aparece registrada en la página web del Sistema de información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de cadenas del MADR, aunque la resolución que formaliza la cadena como una figura legal aún está en trámite (SIOC,2016)

Este esfuerzo por desarrollar el cultivo enfrenta a pesar de su crecimiento, dificultades para estabilizar las condiciones que garanticen su rentabilidad, COLFEYUCA en un informe de Junio de 2015 al MADR, señala principalmente, la caída de los precios al momento de la cosecha, la necesidad de riego ante la variación del clima, la oferta de crédito es poca por la exposición al riesgo de la actividad reflejado en el impago sistemático de las deudas cuando hay afectaciones del cultivo, falta de tecnificación, aún el 90% de las labores de cultivo son realizadas manualmente, la disponibilidad de tierras se disminuye frente a la ganadería por la baja rentabilidad. (El Meridiano, 2015)

El trabajo del Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT) ha soportado los proyectos de trapiches yuqueros para el procesamiento a una escala industrial de las raíces, caso particular de Almidones de Sucre que ofrece al mercado el almidón nativo como un producto terminado en sacos x 25 Kg bajo para otras industrias con una vida útil de 1 año, la producción de almidón ha estado acompañada de programas de implementación de paquetes tecnológicos que permiten rendimientos de cosecha promedio de 20 TM/Ha. pero su demanda del mercado Colombiano representa menos del 3% de la producción total y apenas se aproxima al 11% de todos los demás usos industriales de la yuca según informe del sector presentados por el MADR en 2014.

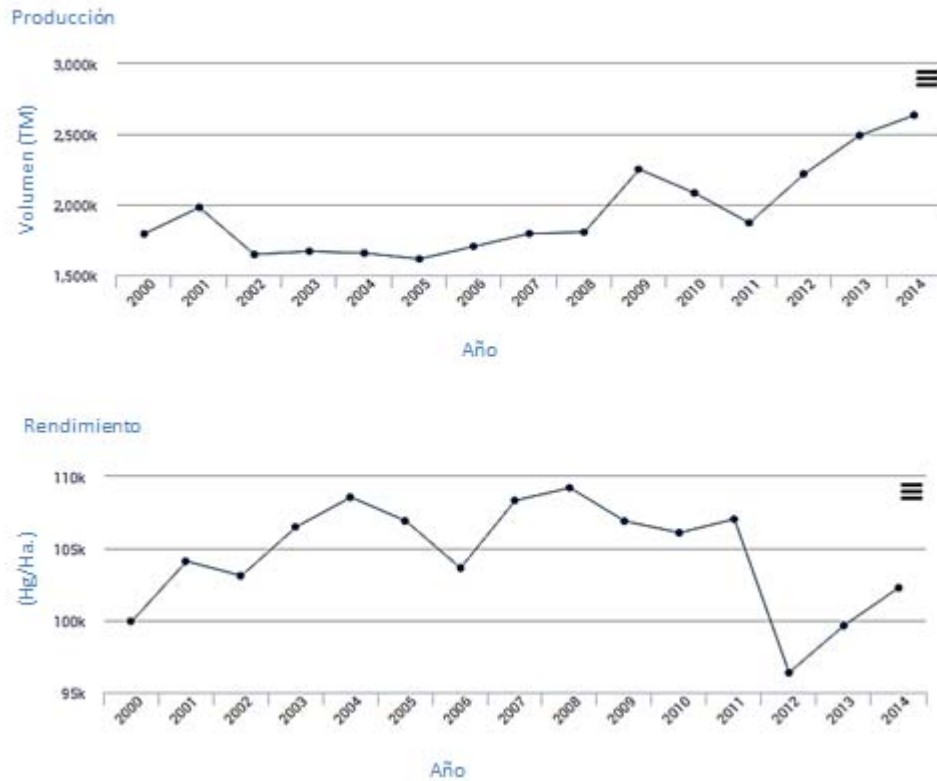
De igual forma la construcción del germoplasma y la evaluación en diversas condiciones con el fin de conocer el desempeño de las variedades disponibles, como ocurre con la semilla SM1438-2 que arroja rendimientos de 54 TM/Ha. en la región de Pitalito mientras

se obtienen 38.7 TM/Ha. en Santo Tomas y 18.4 TM/Ha. de raíces frescas en Molineros. (Ceballos, Morante, Calle, et. Al.,2002)

La fuerte variación de los rendimientos de una producción tecnificada y no tecnificada hace que el cálculo del costo de producción incluya condicionamientos en este sentido. la gobernación del Valle del Cauca por ejemplo, ofrece un análisis en este sentido para pequeños productores, entre 2009 y 2012 con valores que oscilaron entre 171 – 196 USD/TM para rendimientos alrededor de 14 TM/Ha., en un cultivo con una densidad de 10000 plantas por Hectárea. Vale aclarar que siendo relativamente constantes los valores en COP en este periodo el factor cambiario si crea una distorsión al llevarlos a USD con el fin de compararlos con la oferta de maíz (Gobernación Valle del Cauca, 2016).

El reporte de FAOSTAT relacionado con la producción de Yuca en Colombia ilustrado en la figura 4-1, muestra que la producción desde el año 2002 tiene una tendencia creciente en especial desde el año 2011 hasta el 2014 en el que se supera ampliamente la producción de maíz, consolidándolo como un cultivo de importancia económica para el país. De otro lado, los rendimientos por cultivo en cambio parecen tener un comportamiento inestable por diversas causas pero especialmente por la dificultad en la implementación de las tecnologías en regiones apartadas o restricciones al acceso de financiamiento de pequeños productores que concentran la oferta de yuca, sumado en los últimos años a la expansión de plagas que afectan a los cultivos como La enfermedad del Mosaico (CLAYUCA, 2003).

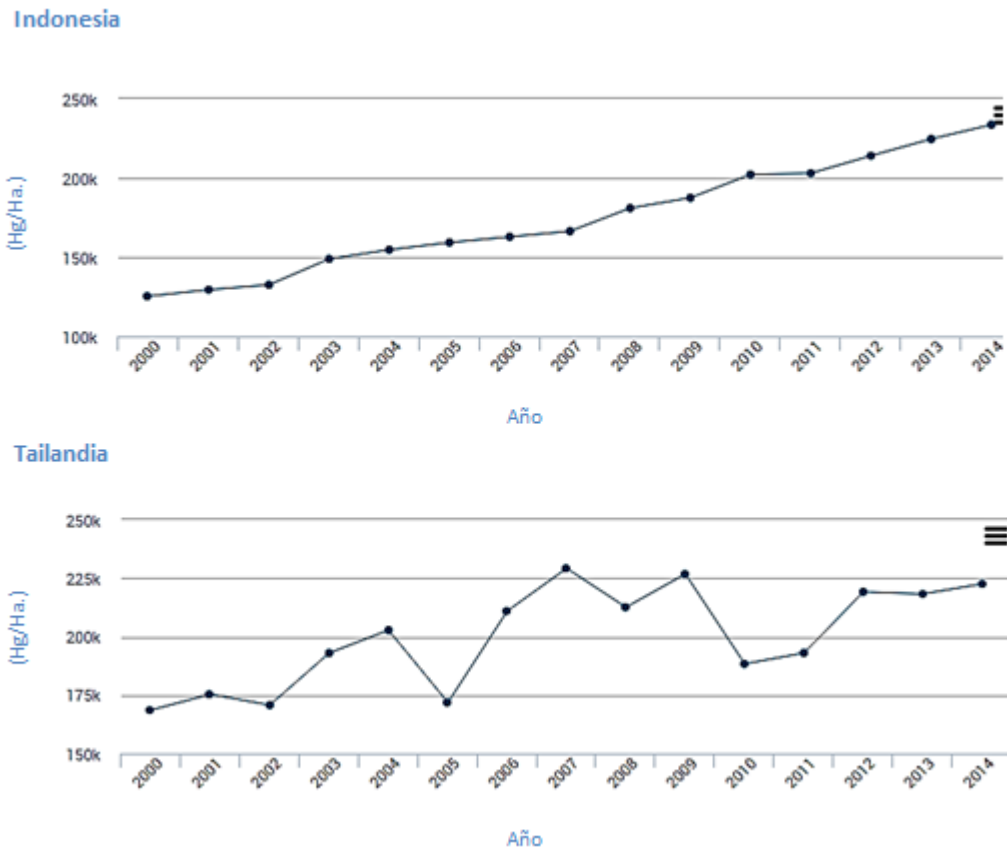
Figura 4-1: Desempeño del cultivo de yuca en Colombia 2000 - 2014



Fuente: FASOTAT, 2016)

En el contexto mundial, Nigeria es el principal productor de Yuca con más de 50 millones de TM por año en 2014 y rendimientos que alcanzaron más de 12 TM/Ha. en 2012, pero son Tailandia e Indonesia los países que han logrado desarrollar de forma continua el potencial de la yuca en cuanto al rendimiento con más de 22 TM/Ha. en 2014 como se observan en la gráfica 4-2, este dato particularmente es importante en la comparación porque muestra que la productividad por hectárea de la yuca es más del doble del maíz en Estados Unidos después de materializar más de un siglo de avances técnicos (Faostat, 2016).

Figura 4-2: Rendimiento del cultivo de yuca en Indonesia y Tailandia



Fuente: (FAOSTAT, 2016)

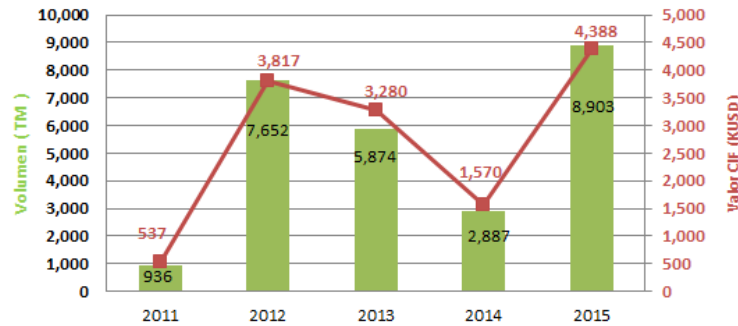
En Africa ya existen emprendimientos para la producción de los derivados del almidón del yuca apoyados por el *International Institute of Tropical Agriculture* (IITA) en Nigeria, empresas como Matna Starch Industry (<http://www.matnafoods.com>) y Nigerian Starch Mills (<http://www.nsmfoodslimited.com>) abastecen empresas como Nestle y Unilever en este país. (Daniels, Udah, Elechi, et al.2011)

En Tailandia e Indonesia, la yuca llegó también desde la época de la colonia y se usó como un cultivo de subsistencia, pero el crecimiento de la población, la demanda de materias primas y el desarrollo industrial del sudeste asiático, crearon condiciones para acelerar el aprovechamiento de la yuca en la obtención de derivados químicos, como almidones de alta pureza para industrias de alimentos, farmacéuticos, endulzantes así

como un insumo importante para la producción de bio-etanol e incluso de biomateriales (Piyachomkwan & Tanticharoen, 2011).

En el seguimiento de las estadísticas de importación, la sub partida arancelaria 0714.10 que corresponde a las raíces refrigeradas – congeladas secos o troceados, no existen registros entre 2013 y 2015, no es así en el caso de los almidones de yuca cobijados por la subpartida arancelaria 1108.14.00 del que se observa su evolución entre los años 2011 y 2015 en los que no hay una tendencia clara del consumo pero si un incremento importante en el 2015 que llega casi a 9000 MT de producto, un valor que es más del doble de las importaciones de almidón de maíz.

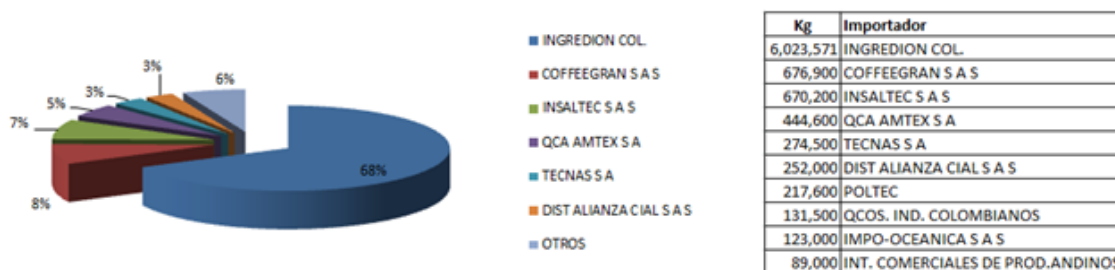
Figura 4-3: Importaciones colombianas de almidón de yuca 2011- 2015



Fuente: (DIAN, 2016)

En la gráfica 4-4 donde se detallan los importadores y su participación en las compras de almidón de yuca, aparece Ingredion Colombia con un 68% del total importado en 2015 y POLTEC, una empresa nacional que ofrece en su portafolio almidones modificados para industria de alimentos como único en el mercado. Tecnas y Quimica Amtex también productores de materias primas para la industria de alimentos lo usan directamente en sus formulaciones.

Figura 4-4: Participación del mercado de almidón de yuca 2015 - Importadores en Kg



Fuente: (DIAN, 2016)

Las importaciones de yuca coinciden con reportes de COLFEYUCA en el sentido de haber perdido áreas de cultivo entre 2014 y 2015 de aproximadamente el 70%, pero aun así una cantidad pequeña para la producción interna próxima a 2,5 Millones de toneladas, precios medios de 440 USD/TM CIF, menores en más de un 10% que los precios medios de las importaciones del almidón de maíz.

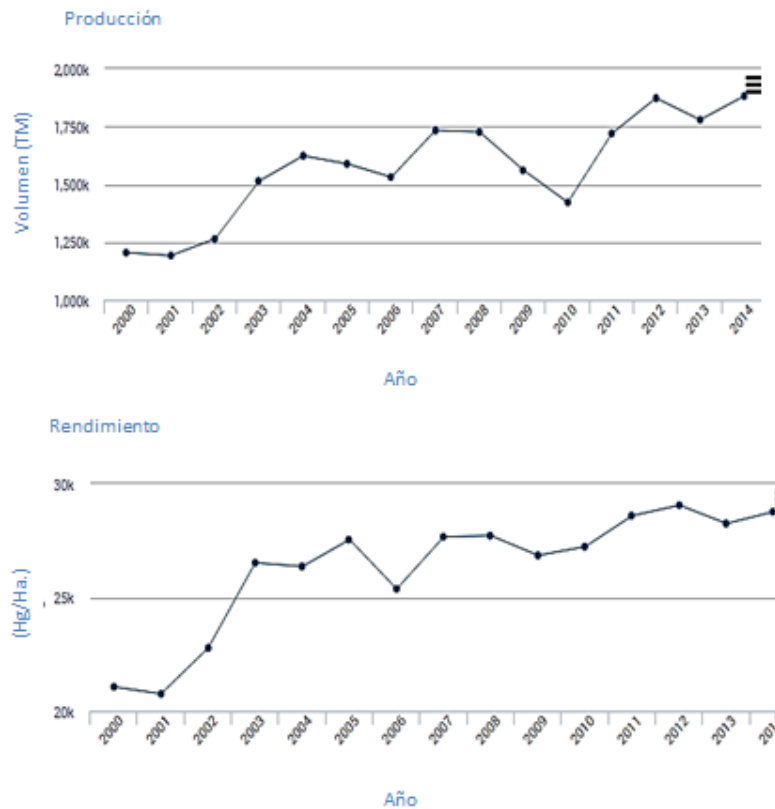
4.2 Cadena productiva del maíz

En el año 1991, iniciando la vigencia de las políticas de apertura económica del presidente Cesar Gaviria, las importaciones de maíz pasaron de 8.043 TM a 505.901 TM en 1992 y aumentaron continuamente hasta llegar a 3'212.000 TM en 2009, movido principalmente por el crecimiento de la demanda de alimentos balanceados, está política favoreció el crecimiento de esta industria, pero expuso a los productores nacionales en un mercado en el que tenían condiciones precarias para competir a la vez que perdían instituciones como Instituto de Mercadeo Agropecuario IDEMA liquidado como consecuencia de la misma apertura económica que significó el desmonte de la organización que hacía el acopio de las producciones en zonas como Caquetá, Guaviare, Meta y Arauca, alejadas de los centros de consumo reduciendo en los años siguientes las extensiones de cultivo (FENALCE, 2010).

4.2.1 Maíz

A pesar que el crecimiento de la demanda en Colombia generó en las regiones con mejores condiciones logísticas un estímulo para la producción, de acuerdo a FAOSTAT, La evolución desde 2000 hasta 2014 en la producción de Maíz revela que se lograron mejoras de los volúmenes de producción de 1,2 Millones de TM en 2000 hasta 1,9 Millones en 2014, de igual forma los promedios de rendimiento por hectárea pasaron de 2,1 a 2,8 TM/Ha. en el mismo periodo con un incremento cercano al 40% (ver figura 4-5) que no acompaña el crecimiento de la demanda interna haciendo de Colombia, año tras año un importador cada vez más dependiente del mercado internacional (Faostat, 2016). Cabe resaltar que las mejoras de los rendimientos por hectárea en Colombia se explican por una composición de productores divididos por regiones y sistemas de producción tecnificado (semillas mejoradas, riego, fertilizantes, plaguicidas, maquinaria para siembra, cosecha y pos cosecha) con valores entre 4 a 11 TM/Ha. y medias de 7 TM/Ha. y no tecnificada con valores inferiores a 1,8 TM/Ha (FENALCE, 2010).

Figura 4-5: Desempeños del cultivo de maíz en Colombia 2000 - 2014



Fuente: (DIAN, 2016)

Siendo el componente de importaciones el que cubre más del 70% de la demanda de maíz en Colombia, la cadena productiva del maíz debe considerar este como un eslabón débil a nivel nacional aunque determinante en la interpretación estratégica de la cadena, en 2015 los Estados Unidos fue el origen del 99,8% del maíz importado (ver figura 4-7) que los posicionan como el primer productor mundial y hacen manifiestas, las ventajas competitivas en cada etapa de su cadena productiva que bloquean en la práctica la entrada al mercado colombiano de competidores de gran escala como Brasil y Argentina. En las gráficas 4-6 se presenta la producción total y los rendimientos por hectárea desde el año 2000 hasta el 2014, casi 4 veces superior a las logradas en Colombia en 2014. Es importante advertir que entre los vectores de crecimiento en la demanda de maíz de Estados Unidos se encuentran los biocombustibles para sustitución o mezclas de gasolina en el que también Brasil lidera y a su vez impulsa el crecimiento de este cultivo (FENALCE, 2010)

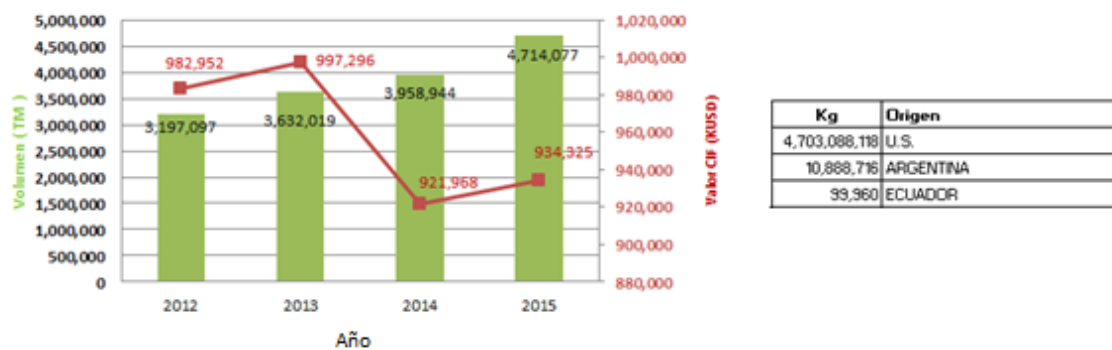
Figura 4-6: Desempeño del cultivo del maíz en Estados Unidos 2000 - 2014



Fuente: (DIAN, 2016)

Según la Superintendencia de Industria y Comercio SIC en un informe sobre la cadena del maíz en 2012 casi el 85% de la producción nacional de maíz es de pequeños productores entre los cuales persisten dificultades la implementación de nuevas tecnologías que explican la prevalencia de las importaciones en Colombia como se observa en la gráfica 4-7 donde se observa el crecimiento constante tanto en toneladas Métricas (TM) como en valores en (KUSD) de las importaciones desde el año 2012 hasta el 2015, de las tres posiciones arancelarias bajo el código 1005.90 que corresponden al maíz, amarillo, blanco y everta obtenidas de las estadísticas de importación de la DIAN.

Figura 4-7: Importaciones colombianas de maíz 2012 - 2015



Kg	Origen
4,703,088,119	U.S.
10,888,716	ARGENTINA
93,960	ECUADOR

Fuente: (DIAN,2016)

En el año 2015, fueron registrados 126 importadores ver gráfica 4-8, de los cuales 6 de estos concentran el 65% de las importaciones, Itacol (incluye Itacol de Occidente), Contegral (Incluye Alimentos Finca), Solla y Alimentos Balanceados Tequendama corresponden al eslabón de los alimentos balanceados, Avidesa (Pertenece al grupo Contegral) hace parte del eslabón de avicultura e Ingredion empresa de origen norteamericano hace molienda para obtener almidones y sus derivados. En el negocio de los alimentos balanceados los márgenes de contribución son del orden del 4% debido a las escalas de la producción, el bajo grado de transformación y que en el siguiente eslabón correspondiente a la producción pecuaria donde participan los mismos productores de los alimentos balanceados con márgenes de contribución promedio de

8%. Las principales aplicaciones están repartidas en Alimento para producción avícola 51%, 23,6% porcícola, 15,6% ganadería, 2,75% mascotas y un 7,05% en alimento para otras especies. (Dinero, 2010).

Figura 4-8: Participación del mercado de maíz 2015 - Importadores en Kg



Fuente: (DIAN,2016)

Una lista completa de los importadores muestra que dentro de los compradores de maíz en 2015 cerca de un 10% de los volúmenes corresponden a empresas dedicadas a la molienda para la industria de alimentación humana, principalmente Ingredion de Colombia, Alimentos Polar, Harinera del Valle, Molinos Barranquillita y Molinos del Atlántico, de estos Ingredion de Colombia empresa de origen y capital norteamericano es la única con capacidad tecnológica para producir derivados de los almidones en Colombia que abastece la industria de alimentos procesados.

Otro aspecto interesante del registro de importaciones tiene que ver con el absoluto dominio de la oferta de maíz con origen de Estados Unidos con precios desde 170 USD/TM en el mes de Sept/15 y precios por debajo de 200 USD/TM durante todo el año 2015, que representa casi la mitad del precio de la importaciones Argentinas que ocupan solo el 0,22% de las importaciones de maíz con un mínimo de 300 USD/TM y una media de 460 USD/TM así como ausencia de Brasil como proveedor a pesar de su cercanía y ser el tercer productor a nivel mundial después de Estados Unidos y China.

Para 2015, una carga de 25 TM puede pagar fletes por carretera en el trayecto Cartagena – Bogotá del orden de 5 MCOP que representan un factor de costo de 65 USD/TM o un 32% aproximadamente con relación a los precios CIF negociados el mismo año, a diferencia de la mayoría de países en Latinoamérica, Colombia tiene sus centros

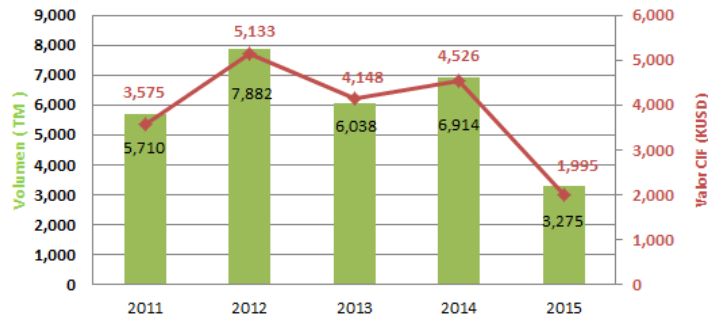
industriales ubicados en ciudades distantes de los puertos como Bogotá, Medellín, Cali o Bucaramanga, lo que genera una barrera natural a los productores nacionales siempre que estos se encuentren cerca de las infraestructuras de procesamiento (SIC, 2012).

4.2.2 Almidón de maíz

En la gráfica 4-9, donde se muestra la evolución de los volúmenes importados por Colombia anualmente y su valor a través de la sub partida arancelaria 1108.12 2015, se aprecia que en 2015 ingresaron al país poco más de 3300 TM que corresponden a valores marginales teniendo en cuenta las 420.000 TM que fueron importadas aproximadamente por las empresas que hacen molienda dirigidas a consumo humano el mismo año (DIAN, 2016).

Debido a que el almidón de maíz es una materia prima en otras industrias como la de servicios petroleros, textil y papel principalmente, fueron filtrados las empresas relacionadas con estos segmentos así como los registros con menos de 2000 Kg que se ven afectadas en el precio por el factor logístico o que no representan cantidades para usos industriales.

Figura 4-9: Importaciones colombianas de almidón de maíz entre 2011 - 2015

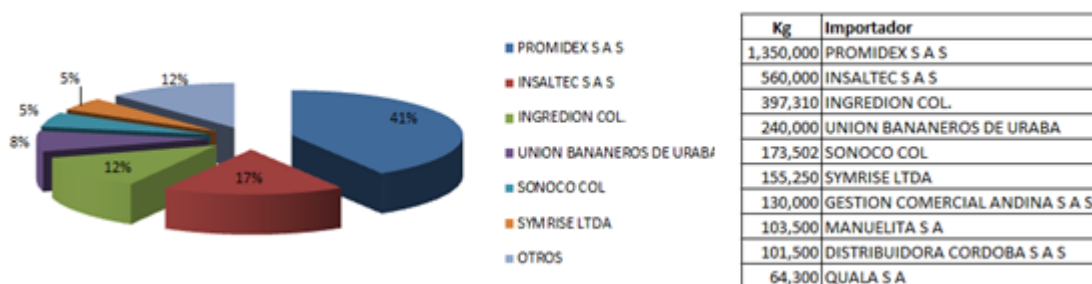


Fuente: (DIAN,2016)

En la lista de las empresas registradas en estas importaciones se observan principalmente comercializadores, lo que sugiere que las importaciones de almidón de maíz cubren faltantes o necesidades específicas del mercado. También es importante

observar que los precios de importación tienen un mínimo de 490 USD/TM CIF y una media de 660 USD/TM CIF, así como la presencia de Ingredion Colombia en el tercer lugar de la lista de importadores de esta subpartida arancelaria

Figura 4-10: Participación del mercado de almidón de maíz 2015 - Importadores en Kg



Fuente: (DIAN, 2016)

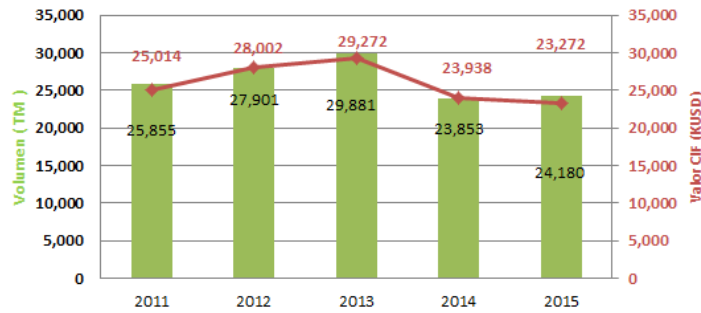
4.2.3 Derivados del almidón del maíz

Para el análisis de los derivados de los almidones, descritos en sus propiedades y origen en el subtítulo 2,2 se emplearon las posiciones arancelarias equivalentes listadas en la tabla No 4-1 a partir del título 1702, que corresponde a los derivados de los almidones nativos. Debido a que también los derivados del almidón de maíz son una materia prima en otras industrias como la de servicios petroleros, textil y papel principalmente, fueron filtrados las empresas relacionadas con estos segmentos así como los registros con menos de 2000 Kg que se ven afectadas en el precio por el factor logístico o que no representan cantidades para usos industriales.

En términos generales el conjunto de estas importaciones presenta con una tendencia al alza entre 2011 y 2013 y una caída en los años 2014 y 2015 periodos en los que coinciden con los efectos de la dinámica en la tasa de cambio COP/USD, relacionada el factor cambiario aunque la presencia de Ingredion Colombia es un determinante en el mercado, con una capacidad instalada de 580 TM diarias en operaciones de refinamiento y 1000 de molienda que representan aproximadamente una capacidad efectiva

aproximada de 100000 TM anuales de derivados de almidón en la planta de esta compañía en el Valle del Cauca. (El País, 2015)

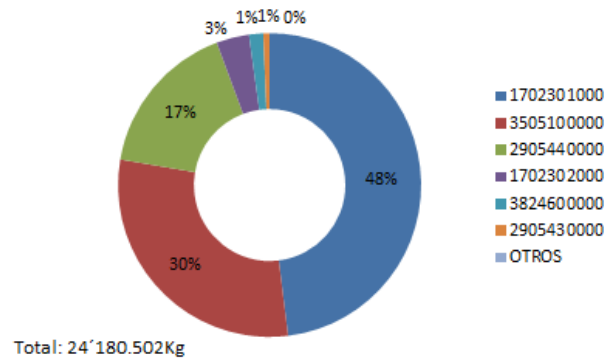
Figura 4-11: Importaciones agregadas en Colombia de los derivados del almidón de maíz 2011 - 2015



Fuente: (DIAN, 2016)

La ubicación de Ingredion en el Valle del Cauca coincide con una zona privilegiada para la producción agroindustrial y un polo industrial donde se destacan entre otras empresas con alta demanda de glucosa como las dedicadas a la confitería que es a su vez el primero de los productos que se importan al segmentar el agregado de los productos derivados del maíz en 2015 en la gráfica 4-12 que el mayor volumen corresponde a las glucosas puras con un 48%, seguido de los almidones modificados con un 30%, Sorbitol con 16%, Jarabes de glucosa o Maltodextrinas 3% y entre las otras posiciones arancelarias un 2%. A continuación un detalle de lo observado en cada una de las subpartidas arancelarias.

Figura 4-12: Composición de los derivados del almidón de maíz - Importaciones 2015



Subpartida arancelaria 1702.30.10.00: Glucosa con un contenido superior o igual al 99% en peso, expresado en glucosa anhidra, calculado sobre producto seco (Dextrosa)

Figura 4-13: Participación en las importaciones bajo la subpartida 1702.03.10.00 - 2015 en Kg



Fuente: (DIAN,2016)

En este segmento, Ingredion Colombia aparece como primer importador con 43% de participación, Fresenius Medical Care y Laboratorios Baxter ofrecen productos para tratamientos renales, en estas aplicaciones, la glucosa es empleada como parte en soluciones inyectables por lo que la calidad de la glucosa debe responder a un parámetro de pureza mayor que el de los grados *food* en la industria de confitería. Lo anterior puede confirmarse en las diferencias de precios que varían entre el tipo de importadores, los de más alta especificación tienen medias entre 800 USD/TM y 1100 USD/TM mientras que Super de Alimentos está en el orden de 750 USD/TM que coincide con la media de los precios con los que importa Ingredion Colombia.

Subpartida arancelaria 3505.10.00.00: Dextrina y demás almidones y féculas modificados

Figura 4-14: Participación en las importaciones bajo la subpartida 3505.10.00.00 - 2015 en Kg



Fuente: (DIAN,2016)

Ingredion Colombia en este segmento con el 41% de participación, en este segmento, las modificaciones del almidón pueden ser muy variadas por lo que la dispersión de precios también se observa en los registros de importación aunque con precios promedio que llegan a 1410 USD/TM en este primer importador, así como es el caso de Alpina productos Alimenticios con una media de 1480 USD/TM dedicada a la industria de productos lácteos.

Subpartida arancelaria 2905.44.00.00: Sorbitol

Figura 4-15: Participación en las importaciones bajo la subpartida 2905.44.00.00 - 2015 en Kg

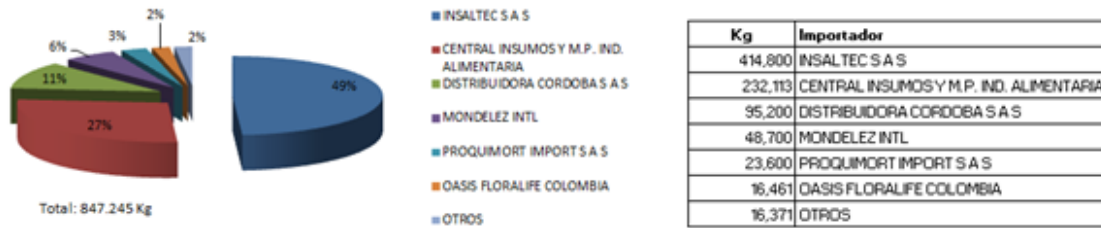


Fuente: (DIAN,2016)

En el mercado de Sorbitol a diferencia de las anteriores posiciones arancelarias, Ingredion Colombia aparece en la lista ampliada de los importadores en la posición 15° con importaciones de 40 TM aproximadamente, en este caso el primer importador se abastece exclusivamente de productores Chinos a un precio promedio de 650 USD/TM, similar a Colgate Palmolive como productor de dentífricos para el mercado Colombiano, mientras Mondelez Internacional en el segundo lugar, compra en promedio a 1370 USD/TM, lo que sugiere también aplicaciones y/o calidades distintas del Sorbitol, en otro nivel se observa Tecnoquimicas con precios promedio de 2680 USD/TM perteneciente a la industria farmacéutica con especificaciones probablemente mayor a las anteriores.

Subpartida arancelaria 1702.30.20.00: Jarabe de Glucosa o Maltodextrina

Figura 4-16: Participación en la importaciones bajo la subpartida 1702.30.20.00 - 2015 en Kg

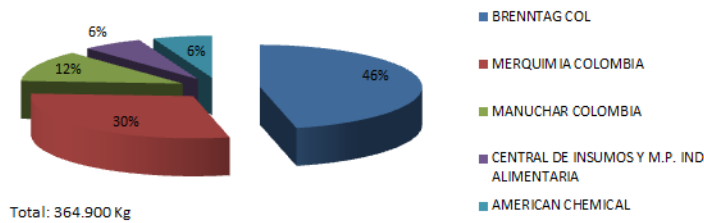


Fuente: (DIAN,2016)

Las maltodextrinas son una familia de productos ampliamente extendida en la industria de alimentos, los volúmenes y el hecho que sean intermediarios la mayor parte de los importadores, sugiere que buena parte es producida en Colombia, de igual forma que este mercado atiende empresas de consumos pequeños, productos especializados que no son ofrecidos en Colombia o necesidades puntuales de compañías de gran escala. Los precios observados de estos productos en las estadísticas de importación tienen un promedio de 660 USD/TM.

Subpartida arancelaria 3824.60.00.00: Sorbitol, excepto la subpartida 2905.44

Figura 4-17: Participación en las importaciones bajo la subpartida 3824.60.00.00 - 2015 en Kg



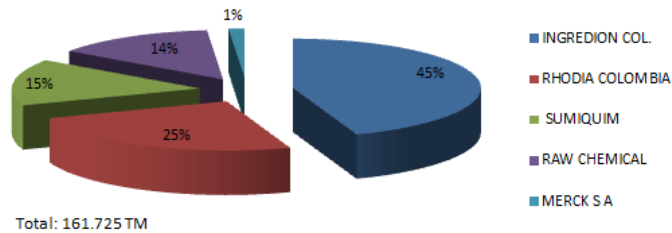
Fuente: (DIAN,2016)

Esta posición arancelaria se diferencia de aquellas en el título 29 porque en esta se consideran sustancias químicas puras mientras que bajo el título 3824 se cobijan preparaciones o formulaciones, que pueden llegar a ser semejantes en calidad como es el caso del sorbitol líquido cuando se especifica bajo parámetros de una farmacopea o no, sin que esto implique necesariamente una diferencia en las propiedades del producto,

en este caso aunque es difícil predecir la aplicación puede verse que el promedio de precio de 650 USD/TM coincide con el del uso en alimentos bajo la posición 2905.44.00.

Subpartida arancelaria 2905.43.00.00: Manitol

Figura 4-18: Participación en las importaciones bajo la subpartida 2905.43.00.00 - 2015 en Kg

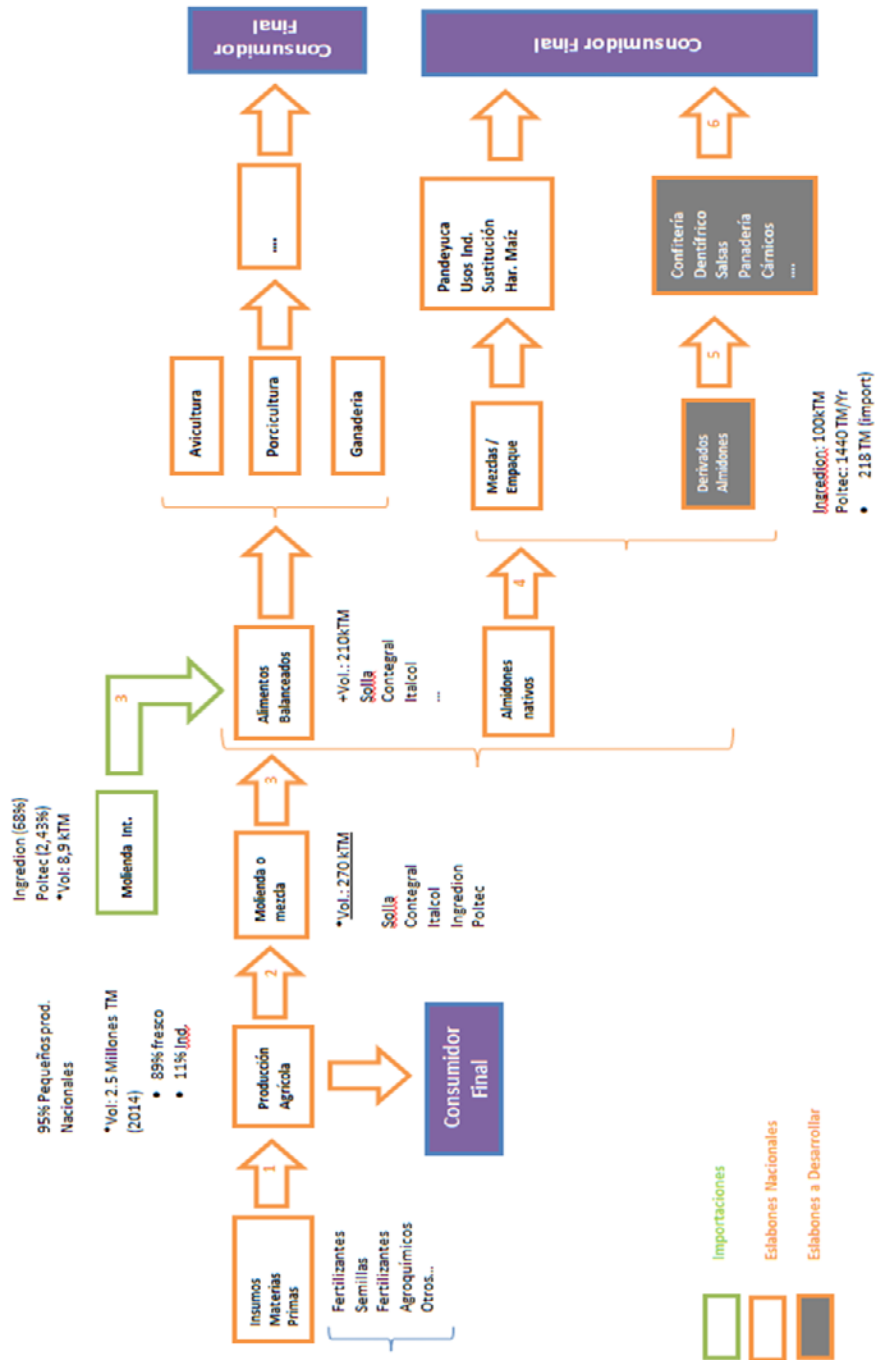


Fuente: (DIAN,2016)

Este mercado es el más pequeño en volumen de los que se han mencionado pero de gran interés por ser más especializada su producción y más elevado su precio, el promedio de las importaciones de esta sustancia es de 4010 USD/TM, como en el caso del Sorbitol este compuesto que es parte de la familia de los polioles atiende requerimientos en la industria farmacéutica como excipiente y aplicaciones en industria de alimentos como edulcorante de bajo contenido calórico, las cantidades que pueden consumir aun empresas de gran tamaño en Colombia generalmente no consolidan cargas marítimas, lo que explica la presencia de intermediarios en el que Ingredion Colombia nuevamente tiene presencia como el de mayor participación.

Siendo la cadena del maíz la referencia, en la de la yuca se señala con color gris oscuro, los eslabones que son incipientes y datos del mercado que permiten hacer una comparación de las dimensiones de cada uno de los mercados.

Figura 4-20: Cadena productiva de la yuca



De igual forma se presenta un paralelo entre variables de las cadenas para valorar desde estas, las potencialidades de cada una para conservar o competir en el mercado de las materias primas en la industria de alimentos.

Tabla 4-2: Comparación aspectos de las cadenas Maíz - Yuca

	VARIABLE	MAIZ	YUCA
Desarrollo del Cultivo	Rotacion de Cultivos	Siglo XVI	> 1970
	Modificacion genetica	> 1930	
	Mecanizacion de Cosecha y Postcosecha	> 1840	
	Obtencion industrial del Almidon	> 1881	
	Tratamiento de Plagas	> 1948	
	Implementacion grandes extensiones	Desde revolucion verde	
Propiedades del Producto agricola	Rango de Latitudes del cultivo	.+/- 34°	.+/- 20°
	Semilla	Maiz	Vegetativa
	Post-cosecha	Muy estable	DFP
	Humedad del producto cosechado	12-14%	65,0%
	% Almidon en peso seco	70,5%	83,3%
	Kg Almidon / 100 Kg de producto agricola	55 Kg	27 Kg
	Separacion	Complejo	pocos pasos
	Produccion / Ha Actual	11	11
	Potencial	12	22
Mercados	Precios Producto Agricola (2013 - 2015)	150 - 300 USD/TM (DDP)	100 - 400 USD/TM (DDP)
	Demanda	Mercados variados	90% en fresco
	Terminos de la oferta comercial	Precios en bolsa	Estacionales / TRM
	Financiamiento	Bajo riesgo	Alto riesgo
	Uso mano de obra (impacto social)	Baja	Alta
	Uso en Alim. Balanceados (Colombia)	yuca + proteina	Carbohidratos - fibra
	Pequeños productores (%)	85	99
	Principal productor en Colombia	Ingredion	Poltec
	Origen Importaciones p. agricola	US - Brasil - Arg	No hay
	Origen Importaciones Almidón	US - Brasil	Brasil - Tailandia - Paraguay

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La yuca como recurso agrícola tiene condiciones agronómicas en Colombia para ofrecer una condición de precio competitiva del almidón que sirve como sucedáneo del obtenido a partir del maíz para la producción de sus derivados, sin embargo el desarrollo sectorial es incipiente y tanto las barreras de entrada a los mercados de materias primas de la industria de alimentos como los costos de transacción crean una asimetría que impide de facto la participación de la cadena de la yuca salvo la excepción de POLTEC SAS que en una escala marginal del mercado busca desarrollar esta oportunidad.

El hecho que las latitudes donde se produce óptimamente la yuca sea reducido al cinturón tropical ofrece una oportunidad a los países allí ubicados de competir con productores de maíz dominantes en el mercado de los almidones siempre que el desarrollo sectorial encuentre caminos para la integración de los actores de su cadena productiva y el desarrollo de tecnologías específicas para la yuca.

El mercado de los derivados de los almidones tiene aproximadamente un volumen de 124000 TM al año en Colombia, de estas 24000 TM corresponden a productos importados bajo 6 posiciones arancelarias que agrupan las principales familias de productos derivados, obtenidos a partir del almidón de maíz.

Ingredion Colombia tiene una participación mayoritaria en las importaciones y es el único productor local con capacidad de refinación de los derivados de almidones, por lo que ostenta una posición dominante en el mercado de estas materias primas en la industria de alimentos como proveedor.

El MADR como organismo del estado Colombiano no reconoce aun los esfuerzos para formalizar la cadena productiva de la yuca, lo que es determinante para disponer recursos de investigación, financiación y establecer mecanismos de articulación de los actores.

El concepto de cadena productiva empleado por el MADR es una herramienta de análisis que agrupa actores de un sector industrial específico o reducido de clientes y proveedores. En este trabajo, no obstante, se extiende desde el eslabón agrícola hasta los productos terminados que llegan al consumidor para realizar el análisis entendiendo que la posición de precio de la materia prima en la cadena es determinante como se verificó en las estadísticas de importación para la cadena del maíz.

En el enfoque de la cadena productiva utilizada en el trabajo se considera a los proveedores internacionales por ser el origen de más del 70% de la demanda en Colombia para 2015 y específicamente de los Estados Unidos con una participación del 99,8% del maíz importado, lo que a su vez coincide con el lugar donde fueron creados e implementados la mayor parte de los desarrollos técnicos del cultivo descritos en los antecedentes del maíz.

Una de las principales limitaciones técnicas del cultivo de la yuca para ser procesada como almidón, está relacionada con los procesos de pos-cosecha específicamente por DFP que reduce drásticamente los tiempos en que se conservan las condiciones de calidad del producto, haciendo de los trapiches yuqueros un eje de desarrollo que caracteriza a la yuca frente a la cadena productiva del maíz.

A pesar que en Colombia se habían adelantado proyectos de trapiches yuqueros orientados a fomentar la agroindustria, se puede comprender que por sí solos, estos no logran sin demanda estable y valor agregado de la aplicación de los almidones, condiciones que mitiguen los riesgos e incertidumbres que asume el productor agrícola en condiciones “spot” del precio, tal como ocurrió en los reportes sectoriales de 2015 donde la caída de los precios al momento de la cosecha dio paso motivó la reducción de áreas de cultivo que obligaron este año a un incremento de importaciones.

Desde el concepto de la cadena de valor de M. Porter, el agricultor colombiano tendría que ser considerado una firma aunque carece de recursos administrativos para considerar roles de logística, “Marketing & Sales”, abastecimiento, servicios entre otros, que conforman los ejes de análisis para el desarrollo de valor agregado, en consecuencia los gremios se comportan como organizaciones complementarias que pretenden generarlos y fortalecer el eslabón agrícola de la cadena productiva.

El trapiche yuquero es un proceso agroindustrial por lo que debe considerarse como unidad de análisis o eslabón independiente en la cadena productiva de la yuca aunque idealmente debería tener participación de los productores agrícolas para aprovechar la condición regional de esta infraestructura como un centro de acopio que agrega valor y poder de negociación frente a los actores que siguen en la misma cadena.

Esto ofrecería grados de especialización del almidón como materia prima donde los formatos de empaque, grados de humedad, y la exclusión de fibra obtenida de la peridermis, esclerénquima y parénquima ya logran un espectro de productos amplio para diversas demandas de la industria con mayor valor agregado.

Los trapiches yuqueros son críticos en la cadena productiva de la yuca porque permitirían coordinar las problemáticas del sector agrícola y las demandas industriales del almidón pero aun en un contexto regional por la condición del DFP inherente a la yuca.

Aunque es claro que una estructura industrial que garantice la calidad de los almidones producidos representa una inversión económica considerable, los trapiches yuqueros tienen una complejidad menor a los procesos de “wet milling” del maíz gracias a su configuración, lo que significa un rendimiento industrial que suma al valor agregado que es capturada en esta etapa de la cadena que podría favorecer al productor agrícola como modelo de integración regional.

A partir de un producto embalado y parámetros de calidad definidos, la obtención de los derivados, (Almidones modificados, maltodextrinas, glucosas y polioles) es parte de otro eslabón de la cadena productiva, este sin dependencia de la ubicación geográfica propio de la producción agrícola en el que se concentra el desarrollo de materias primas para la industria de alimentos.

Actualmente en un paralelo entre los derivados de los almidones de maíz y yuca, el primero, goza de un precio menor y una especificidad de las aplicaciones mayor. El desafío de los sucedáneos a partir de la yuca, radica en que las deficiencias del eslabón agrícola que determina el precio de la materia prima y las subsiguientes que orientan el producto a la aplicación en alimentos, son interdependientes por lo que las políticas de desarrollo deben ser coordinadas con toda la cadena. No es viable comercialmente el derivado químico del almidón como sucedáneo sin una materia prima barata ni es viable la adopción de paquetes tecnológicos sin contratos de suministro y el valor agregado de aplicaciones especializadas en el largo plazo.

Otro aspecto relevante del desarrollo de los almidones de yuca radica en el hecho que el desarrollo tecnológico obtenido es específico para el recurso pero los fundamentos de la química de los almidones conocida a partir de los desarrollos desde el maíz es útil a este propósito, por lo que la inversión en investigación y desarrollo deben ofrecer posibilidades de retorno a menor plazo, lo que puede llegar a facilitar su financiamiento y aumentar su impacto.

De alcanzar el almidón de yuca una condición competitiva convertiría la industria de alimentos balanceados en un factor adicional cuya demanda tuvo un tamaño próximo a los 5 millones de toneladas en el mercado interno colombiano que no compiten con el 89% de la producción de yuca que llega a los mercados como producto fresco.

Aunque el alcance de este trabajo es el mercado de materias primas de la industria de alimentos colombiana, es importante tener en cuenta que las mismas condiciones de mercado abierto que ofrece Colombia a las importaciones de maíz y los productos derivados de sus almidones validarían la competitividad de la cadena de la yuca en mercados de exportación.

Las estadísticas de importación confirman que la estructura de costos de las materias primas en la industria de alimentos colombiana, está determinada por las condiciones comerciales de las importaciones de Estados Unidos, las cuales no se afectaron a pesar que el factor cambiario supondría que la producción nacional los favorecería para revertir este fenómeno entre 2014 y 2015.

Ingredion Colombia importó en 2015 más de 329.000 TM de maíz frente a 397 TM de almidón lo que demuestra que su estructura industrial y de costos parte las importaciones del primer rubro y que en consecuencia es correcta la observación de la cadena productiva para evaluar desde la posición de costo, el potencial de un sucedáneo en el mercado de materias primas. De igual forma su participación en las importaciones del cereal, almidón y derivados sugiere que estas cubren faltantes de su proceso industrial en los eslabones descritos para la cadena del maíz que llegan al consumidor de la industria de alimentos.

La participación de Ingredion en las importaciones de los derivados sirve también como un referente de los precios en el mercado colombiano y devela una especial actividad en los mercados relacionados con los productos cobijados por las subpartidas 1702.30.10 con el 43% de participación y la , 3505.10.00 con el 41% de las importaciones en 2015.

La ilustración de los eslabones relacionados con la industria de alimentos balanceados es importante en la comprensión de la cadena por ser el determinante de la demanda del mercado de maíz, así mismo, el margen aproximado de contribución del 4% explica la necesidad de los principales actores de este mercado en la integración hacia adelante, su sensibilidad al precio y la asimetría en el poder de negociación frente a pequeños agricultores que son los que dominan la oferta de productos agrícolas tanto de maíz como de yuca.

Los esfuerzos de los centros de investigación como el CIAT, han sido pilares para construir una base de conocimiento que ha permitido la construcción de bancos de germoplasma, el desarrollo de los procesos de cultivo y la adaptación de paquetes tecnológicos que hacen viable rendimientos por hectárea del cultivo de yuca por encima de las 50 TM/Ha.

La industria de alimentos balanceados ha servido como generador de demanda para estimular la oferta de yuca aunque los requerimientos nutricionales, la ponen en una condición desfavorable frente al maíz por el contenido de proteínas, de otro lado hay una asimetría en el poder de negociación entre pequeños productores y los actores de este

mercado que son generalmente de gran escala y muy sensibles a los precios de las materias primas por sus bajos márgenes de contribución.

Las importaciones de almidón de yuca muestran a Ingredion Colombia como el principal importador con un 68% de la participación de las importaciones en 2015 dirigidas a una planta dedicada al procesamiento en Malambo Atlántico así como a Poltec una compañía con capacidad de procesar aproximadamente 1200 – 1400 TM de Almidón que representa un porcentaje marginal frente a la capacidad instalada Ingredion Colombia a partir de maíz y aún pequeña frente a las importaciones en 2015 de la misma empresa que mostraron un incremento de más del 150% con respecto al año 2014 probablemente por la fuerte reducción de la oferta local el mismo año de acuerdo a los reportes de COLFEYUCA.

La capacidad tecnológica de Ingredion Colombia permite suponer que la disponibilidad de una planta de producción para el procesamiento de yuca permite la oferta de productos derivados en el mercado colombiano, por lo que aprovecha las ventajas competitivas del maíz como eje de su negocio y los pone con ventaja en el esfuerzo por desarrollar las potencialidades de la yuca en Colombia quizás basados en una condición que es señalada en la tabla 4-2 relacionada con su ubicación geográfica dentro del rango de latitudes en las que el cultivo de la yuca expresa su máximo rendimiento y la necesidad de instalar las plantas de procesamiento cerca del productor agrícola por efecto del DFP.

Una visión general de la cadena de la yuca muestra que la evolución de la producción nacional como reporta FAOSTAT hasta 2014 está basada en una demanda de bajo valor agregado concentrada en la venta del producto en fresco y aplicaciones industriales con bajos márgenes de contribución y asimetría en el poder de negociación, lo que explica la situación crítica del gremio expresada por COLFEYUCA en Julio de 2015 donde se pone de manifiesto la reducción de las áreas de cultivo por las pérdidas sufridas el año previo como consecuencia de la afectación de los precios en el momento de la cosecha por la sobreoferta del producto, lo que acarrea a su vez, el impago de créditos y el impedimento para acceder posteriormente al servicio de financiamiento, también implica la dificultad para incorporar en su producción los paquetes tecnológicos y el desplazamiento de los agricultores a otras actividades con menos riesgo.

En las propiedades de cada uno de los recursos, la yuca tiene como materia prima un menor valor nutricional que lo pone en desventaja en aplicaciones nutricionales pero en ventaja si se evalúa el uso industrial ya que en este el objetivo es purificar el almidón nativo cosa que es menos exigente y costosa en la yuca, también resulta favorable el hecho que las variedades industriales no tienen restricción con relación a problemas de apariencia, contenido de linamarina, que amplía el espectro de variedades útiles regiones de cultivo y rendimientos por hectárea.

Al comparar las cantidades de almidón obtenidos de los procesos de molienda del maíz y yuca, se observa que hay una relación de 2:1 (en promedio) a favor del maíz por tonelada del producto agrícola, esto obliga a que una posición de precio se vería competitiva para la yuca con una relación equivalente en el precio por tonelada, lo que podría ocurrir intermitentemente en la actualidad aunque de forma esporádica y altamente dependiente de factores distintos a los de la oferta.

El hecho de que el potencial de los rendimientos de cosecha en la yuca sean hasta 3 y 4 veces superiores a los del maíz en Estados Unidos, muestran que técnicamente hay condición de lograr una posición competitiva del recurso agrícola aunque el desarrollo de un mercado estable es condición para realizar las inversiones que requiere la implementación de los paquetes tecnológicos disponibles

5.2 Recomendaciones

A pesar que los modelos de cadenas productivas propuestos por el MADR como entidad de referencia, tienen una extensión reducida con el propósito de focalizar inversiones y facilitar la toma de decisiones entre sus participantes, el esquema planteado desde el eslabón agrícola hasta el consumidor final, resulta una herramienta didáctica que ilustra los elementos, su dinámica y limitaciones en la agregación de valor a partir de la posición de precio que puede ser extendida para el análisis de otros productos en Colombia como el plátano, el cacao, numerosos frutales u otros con potencial agroindustrial.

Al poner en consideración la idea de la cadena productiva, implícitamente se habla de la integración de actores que evalúan escenarios y toman decisiones en conjunto para articular sus potencialidades, en consecuencia la primera recomendación que surge de este trabajo es su socialización como una forma de validar las oportunidades entre sus actores y sumar voluntades para diseñar y realizar planes de acción que enriquezcan la cadena de la yuca en Colombia.

La coyuntura relacionada con la negociación de los acuerdos de paz entre el gobierno colombiano y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) en 2016, crea una expectativa de desarrollo en amplias zonas rurales donde los riesgos de orden público impidieron la inversión privada y la construcción de infraestructuras que permitieran el aprovechamiento agrícola de estas regiones. En este contexto se recomienda el estudio del cultivo de la yuca integrado a la cadena productiva como una forma de facilitar la implementación de programas de desarrollo y sustitución de cultivos ilícitos, conocida la virtud de la yuca frente a otros cultivos para resistir suelos con acidez y estrés hídrico propios de buena parte de las regiones afectadas por el conflicto interno.

Las experiencias del sudeste asiático en el mejoramiento de los rendimientos de cultivo de la yuca en los últimos 15 años, son casos que ameritan ser estudiados a fondo para identificar factores que dificultan y facilitan el uso de los almidones de yuca en aplicaciones industriales la articulación de los eslabones agrícola e industrial desde las políticas públicas y sectoriales.

A. Anexo: Listado de importadores de Maíz bajo la subpartida arancelaria 1005901100 en 2015 (Kg)

Kg	Importador
852,072,707	ITALCOL
786,846,886	CONTEGRAL
603,366,838	SOLLA S A
329,521,353	INGREDION COL
316,627,354	AVIDESA MAC POLLO
164,164,234	ALIMS BAL. TEQUENDAMA
152,236,948	POLLOS EL BUCANERO S A
105,315,063	INCUBADORA SANTANDER S A
91,270,299	COOPERATIVA COLANTA LTDA
90,109,179	CIA INDL DE PRODS AGROP CIPA S A
70,267,417	SOBERANA S A S
67,489,310	SEABOARD OVERSEAS COLOMBIA LTDA
64,592,895	ALIMENTOS POLAR COLOMBIA S A S
54,699,333	ALIMS CONCENTRADOS DEL CARIBE S A
53,975,665	INTERGRANOS S A
52,950,372	ORGANIZ SOLARTE Y CIA S C A
50,620,866	MEJIA Y CIA S A
48,632,517	NUTRIENTES AVICOLAS S A
44,653,056	SANTA ANITA NAPOLES S A
44,540,827	AVICOLA EL MADRONO S A
40,383,736	ALIMENTOS CONCENTRADOS RAZA LTDA
37,276,671	CARGILL TRADING COLOMBIA LTDA
35,089,065	CAMPOLLO S A
34,288,310	AGROAVICOLA SAN MARINO S A
34,199,249	DON POLLO S A S
33,500,450	LOUIS DREYFUS COMMODITIES COLOMBIA S A S
27,997,372	CONC ESPARTACO S A
25,608,044	PORCICULTORES APA S A S
24,935,963	INVS J V LTDA

22,279,232	TRANSPORTADORA Y COMERCIALIZADORA EL MOLINO S A
22,267,882	PRECOCIDOS DEL ORIENTE S A
21,819,459	TRILLADORA LA MONTANA S A S
18,032,567	AGRICOLA COLOMBIANA S A - 890315430
17,057,418	MOLINOS DEL ATLANTICO S A S
16,382,896	PRODUCTOS ALIMENTICIOS EL GALPON LTDA
16,321,791	AVIMOL S A S
15,237,565	NUTRILISTO DE COLOMBIA S A
14,163,816	RPM GRANELES S A S
12,543,727	FABIPOLLO S A S
12,210,327	MULTIGRANOS LA ESPIGA S A S
11,694,872	PRODS ALIMENTICIOS BELLINI S A
11,144,393	DISTRIB AVICOLA S A S
10,595,876	QBCO S A
9,850,561	AGROINDL SAN JOSE S A
8,776,290	ARANGO GONZALEZ SERGIO
7,985,684	C I ADM COLOMBIA LTDA
7,801,678	GRANYPROC LTDA
7,145,044	INDS PUROPOLLO S A S
7,135,500	CIALZ Y REPRESENTACIONES ANTIOTRADING S A S
6,984,661	HARINERA DEL VALLE S A
6,948,369	ALIANZA AVICOLA DEL VALLE S A S
5,398,934	COLOMBIANA DE INCUBACION S A S INCUBACOL
4,378,215	MOLINOS BARRANQUILLITA S A
4,368,632	GARCIA MESA BUENAVENTURA
4,315,603	NUTRICION Y RECURSOS DE COLOMBIA S A
4,234,605	INVS AVICOLA SANTAGUEDA Y CIA S EN C
3,802,711	RAFAEL DEL CASTILLO Y CIA S A
3,752,000	AGROPECUARIA GOLOSO DEL VALLE S A
3,675,800	AGROINSUMOS S A
3,623,770	SEMILLAS DEL PACIFICO S A S
3,568,500	SUPERGRANOS DISTRIBUCIONES S A S
3,312,904	JOSE ENRIQUE GONZALEZ QUIROZ
3,124,344	O TAFUR Z Y CIA S C S
2,481,000	AVICOLA SINAIN S A S
2,464,000	NUTRIMENTOS SUPER S A S
2,235,950	SUDESPENSA BARRAGAN S A
2,193,020	CERDOS DEL VALLE S A
2,071,500	MIGUEL MARTIN Y CIA S C S
1,984,100	INVS LA BUONA VITA S A S
1,910,500	VARGAS SANCHEZ S A S

1,727,000	RUEDA PINILLA RICARDO
1,687,455	QUALA S A
1,635,100	ROJAS COLLAZOS FERNANDO
1,595,000	AGROP RIO FRIO LTDA
1,498,800	CIALZ EL FORRAJE S A
1,483,979	KAKARAKA S A
1,480,340	CIALZ LUHOMAR S A S
1,386,600	AYORA PEREZ CARLOS AUGUSTO
1,235,000	COMERCIALIZADORA DE GRANOS DE SANTANDER S A S
1,134,000	AVICOLA LA DOMINGA S A S
1,130,000	BALANCEADOS DEL VALLE S A S
1,099,630	CONCENTRADOS CRESTA ROJA S A
1,038,030	PABON CAGUENAS JUAN AGUSTIN-DEPOSITO LA PERLA
1,020,845	CINE COLOMBIA S A

B. Anexo: Listado de importadores de los derivados de los almidones bajo en 2015 (Kg)

Kg	Importador
7,743,799	INGREDION COLOMBIA S A
1,322,103	C I SUPER DE ALIMENTOS S A
1,306,825	QUALA S A
923,154	LABS BAXTER S A
813,825	FRESENIUS MEDICAL CARE COLOMBIA S A
802,600	MONDELEZ INTL S A CADBURY ADAMS COLOMBIA S A
759,000	MANUCHAR COLOMBIA CIA LTDA
740,048	ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS S A
684,000	PAPELES Y CARTONES S A PAPELSA
634,425	C I WORLD MARKET S A S
628,338	DISAN COLOMBIA S A
414,800	INSALTEC S A S
407,004	SURTIQUIMICOS S A
405,113	CENTRAL DE INSUMOS Y MATERIAS PRIMAS
388,710	DISTRIBUIDORA CORDOBA S A S
354,400	FACTORES Y MERCADEO S A
344,804	PROALPET S A
343,675	RHODIA COLOMBIA LTDA
334,918	SUCROAL S A ANTES SUCROMILES S A
315,417	COLGATE PALMOLIVE CIA
287,950	TRANSMERQUIM DE COLOMBIA S A
250,955	PANAMERICANA DE ALIMENTOS S A S
249,400	PROTECNICA INGENIERIA S A
220,000	INPROQUIM S A
196,250	BRENNTAG COL S A
194,000	RESEARCH PHARMACEUTICAL S A
183,500	DISTRIB DE COLORANTES Y QCOS RECOLQUIM S A

174,600	PROQUIMORT IMPORT S A S
153,000	ROSMI S A S
147,000	CASDIQUIM S A
139,820	PRODTORA ANDINA DE COLORANTES S A
136,800	TECNOQUIMICAS S A
120,000	RENAL MEDICAL MARKETING LTDA
118,500	CHRYSAL COLOMBIA S A
108,000	MERQUIMIA COLOMBIA S A S
104,998	INGREDIENTES Y PRODS FUNCIONALES S A S
104,000	DISPROQUIN S A S
102,000	PRODUCTORA NACIONAL DE AROMAS FRAGANCIAS Y COLORAN
96,000	QUIMICA INTERKROL LTDA
93,600	DOW QUIMICA DE COLOMBIA S A
83,600	1ECNOFAR TQ S A S
80,000	QUIMICA AROMATICA ANDINA S A S
77,012	SUMINISTROS QUIMICOS LTDA SUMIQUIM
72,000	ROCSA COLOMBIA S A
71,341	GOLOSINAS TRULULU S A
67,531	OASIS FLORALIFE COLOMBIA LTDA
65,000	PINOTHO S A
60,000	COMERCIAL QUIMICA LTDA
55,500	CORP DE FOMENTO ASIST.DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL
52,000	ETANOLES DEL MAGDALENA S A S
47,174	NOPCO COLOMBIANA S A
46,000	LABS VIDA STEVIA LTDA
43,000	COLORCON SUCURSAL DE COLOMBIA
42,000	RAW CHEMICAL S A
40,000	GESTION CARGO ZONA FRANCA S A S
39,500	CONFITECOL S A
39,260	ALTEA FARMACEUTICA S A
39,000	OCCIDENTAL DE EMPAQUES S A
35,560	MATHIESEN COLOMBIA S A S
23,600	UNIRED QUIMICAS S A S
23,000	INFARVET S A S INVERSIONES FARMACEUTICAS Y VETERINARIAS
21,600	AMERICAN CHEMICAL COMPANY S A S
20,000	CENTRO QUIMICOS S A S
20,000	BIOQUIFAR PHARMACEUTICA S A
20,000	UNIVERSAL PERFECT NUTRITION E U
20,000	NUTRITEC S A
17,776	PRODS Y EQUIPOS TECNICOS LTDA

17,475	PRODTORA DE CAPSULAS DE GELATINA S A
17,000	DUAS RODAS COL S A S
16,200	DSM NUTRITIONAL PRODUCTS COLOMBIA S A
10,624	GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL INC SUCURSAL COLOMB
10,500	CIA COL DE EMPAQUES BATES S A
10,050	PRINTEXCOL LTDA
10,000	TECNOQUIM S A
8,643	DECO DEPOT LTDA
4,025	T-VAPAN 500 S A
3,000	LABORATORIOS SIEGFRIED S A S
2,200	MERCK S A
2,000	OMNILIFE MANUF DE COLOMBIA S A S

Bibliografía

Asheim, B. T. (2000). Industrial districts: the contributions of Marshall and beyond. *The Oxford handbook of economic geography*, 413 – 431

Bagés Mora, F. (1998). La yuca: un ingrediente estratégico en la fabricación de alimentos balanceados para animales (No. IICA CDSC-11). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá (Colombia). IICA, Bogotá (Colombia).

BeMiller, J. N., & Huber, K. C. (2010). Carbohidratos. In *Fennema química de los alimentos* (pp. 83-154).

BeMiller, J. N., & Whistler, R. L. (Eds.). (2009). *Starch: chemistry and technology*. Academic Press.

Carson, R. (2002). *Silent spring*. Houghton Mifflin Harcourt.

Ceballos, H., & de la Cruz, G. A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca.. *La yuca en el tercer milenio*, 16-31.

Ceballos, H. (2002). La Yuca en Colombia y el Mundo: Nueva Perspectivas para un Cultivo Milenario In: Ospina and Ceballos. *La Yuca en el tercer Milenio. Sistemas Modernos de producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización*.

Ceballos, H., Morante, N., Calle, F., Lenis, J.I., Jaramillo, G., Pérez, J.C., (2002). Mejoramiento genético de la yuca. *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*, 327, 295.

Chakravarti, A. K. (1973). Green Revolution in India. *Annals of the Association of American Geographers*, 63(3), 319-330.

Chiu, C. W., & Solarek, D. (2009). Modification of starches. *Starch: Chemistry and technology*, 3, 629-655.

CIMMYT - Centro Internacional del Mejoramiento del Maiz y el Trigo (2016). Quienes Somos / Nuestra Historia. Recuperado de <http://www.cimmyt.org/es/quienes-somos/nuestra-historia>

Coase, R. (1937). The Nature of firm, *Economics*, 4 (16), 386-405.

Consorcio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la investigación y desarrollo de la yuca CLAYUCA. (2003). Boletín Electrónico. (<http://www.clayuca.org>, Ed.) Recuperado el 20 de Nov. de 2011, de Trapiches yuqueros una realidad en Colombia: http://www.sian.info.ve/porcinos/eventos/clayuca0102/clayucanet/clayucaNet_diciembre.pdf

Daniels, A., Udah, A., Elechi, N., Oriuwa, C., Tijani, G., & Sanni, A. (2011). Report on cassava value chain analysis in the Niger Delta. Report of PIND cassava value chain assessment validation workshop held on the 20th of July.

Davis, K. (2001, September). Corn milling, processing and generation of co-products. In 62nd Minnesota Nutr. Conf. Minnesota Corn Growers Assoc. Tech. Symp., Bloomington, MN.

Denison, L. E. (1840). U.S. Patent No. 1,835. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, DIAN (2016). Estadísticas de Importación. Recuperado el 10 de Mayo de 2016 en <http://www.sicex.com/contenido/EN/53/>

Dinero, (2010). Alimentos para animales: engranaje exitoso en la cadena, publicado en 27 Julio de 2010. Recuperado de <http://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/alimentos-para-animales-engranaje-exitoso-cadena/99743>

Departamento Nacional de Planeación. DNP. (2004). Cadenas productivas estructura, comercio internacional y protección. Editorial desconocida. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/analisis-cadenas-productivas.aspx>

Eckhoff, S. R., Singh, S. K., Zehr, B. E., Rausch, K. D., Fox, E. J., Mistry, A. K., ... & Tumbleson, M. E. (1996). A 100-g laboratory corn wet-milling procedure. *Cereal Chemistry*, 73(1), 54-57.

El Espectador (29 Enero de 2014). Compañía Colombiana busca competir con el mercado del maíz. El Espectador. Recuperado en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/compania-colombiana-busca-competir-el-mercado-del-maiz-articulo-471659>. Mayo 2016

El Meridiano, (6 Julio de 2015). Yuqueros: Al borde del abismo. El Meridiano. Recuperado en: <http://www.elmeridiano.co/yuqueros-al-borde-del-abismo-colfeyuca/11127>. Mayo 2016

"El Pais, (2015). Las 500 Empresas + exitosas del Valle. El Pais. Recuperado en: <http://www.elpais.com.co/elpais/500-empresas/ingredion-colombia-sa>"

Eltiempo (24 Diciembre 1996). Liquidación del IDEMA no tiene reversa. El Tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-663189>; IDEMA

Eliasson, A. C. (Ed.). (2004). *Starch in food: Structure, function and applications*. CRC Press.

Faostat, F. A. O. (2014). Statistical Databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>) Recuperado el 9 de Abril de 2016, Producción de Yuca por País en 2014

Federacion Nacional de Cultivadores de Cereales y Legumbres, (2010). El cultivo del maíz, historia e importancia. El Cerealista Mayo - Junio 2010. Recuperado de http://www.observatoriodesicta.info/sites/default/files/docpublicaciones/el_cultivo_del_maiz_historia_e_importancia.pdf

Garay, L. J., & Jorge, L. (2004). Colombia: estructura industrial e internacionalización 1967-1996, Biblioteca Virtual del Banco de la República.

Giraldo, M. (Ed.). (2004). Manual de minicadenas productivas. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Gobernacion Valle del Cauca, (2016). Guia de Costos de Producción agrícola - Evaluación de costos de produccion por hectárea - Cultivos Anuales. Recuperado de <https://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=966>

Gwartz, J. A., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 66-75.

Harskamp, J. (2009). The Low Countries and the English Agricultural Revolution. *Gastronomica*, 9(3), 32-41.

Hirschman, A., (1958) . *The Strategy of Economic Development*, Yale University Press, New Haven.

Hobbs, L. (2009). Sweeteners from Starch: Production, properties and uses. *Starch: Chemistry and Technology* 3rd Ed. Academic Press, Elsevier, London, 797-832.

Isaza, J. G. (2008). Cadenas productivas. Enfoques y precisiones conceptuales. *Sotavento MBA*, (11), 8-25.

J. M. C.. (1910). A New Maize from China. *Botanical Gazette*, 49(1), 73–74. Retrieved from <http://www.jstor.org.ezproxy.unal.edu.co/stable/2466581>

Jaffee, S. & Morton, J. (1995). Transaction costs, risk and the organization of private sector food commodity systems. *Marketing Africa's high – value foods: Comparative experiences of an emergent private sector.*, 21-62

Jane, J. L. (2009). Structural features of starch granules II. *Starch: Chemistry and technology*.

Jebb, T. A. (1881). U.S. Patent No. 240,907. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Lindsten, J., & Ringertz, N. (2001). The Nobel Prize in physiology or medicine, 1901-2000. *The Nobel prize: the first*, 100, 111-137.

Malthus, T. R. (1846). *Ensayo sobre el principio de la población*. Est. Lit. y Tip. de Lucas Gonzalez y Compañía.

Mangelsdorf, P. C., & Reeves, R. G. (1959). THE ORIGIN OF CORN: III. Modern Races, the Product of Teosinte Introgression. *Botanical Museum Leaflets*, Harvard University, 18(9), 389-411.

Mason, W. R. (2009). Starch use in foods. *Starch: Chemistry and technology*.

Mejía, M. S. (2002). *Fisiología de la Yuca. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción Procesamiento*. Cali, Colombia, CIAT.

Mejía, D. (2003). Maize Post-Harvest Operation. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, 30.

"Montoya Restrepo, L. A. (2010). *Gestión de sistemas de integración empresarial desde*

una perspectiva biológica (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia)."

Naranjo Gallardo, D. G., & Pazmiño Calvopiña, O. S. (2010). Plan de comercio exterior y negocios internacionales para la exportación de almidón de yuca a Bogotá-Colombia.

Ospina, B., & Ceballos, H. (2002). La yuca en el tercer Milenio: Sistemas Modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización (Vol. 327). CIAT.

Ospina, B., García, M., & Alcalde, C. (2002). Sistemas Mecanizados de Siembra y Cosecha para el Cultivo de la Yuca U. y. C. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción Procesamiento. Cali, Colombia, CIAT.

Paliwal, R. L., Granados, G., Lafitte, H. R., Violic, A. D., & Marathée, J. P. (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción (No. 28). Food & Agriculture Org..

Perez, S., Baldwin, P. M., & Gallant, D. J. (2009). Structural features of starch granules I. Starch: Chemistry and technology, 3.

Piyachomkwan, K., & Tanticharoen, M., (2011) Cassava Industry in Thailand: Prospects. The Journal of the Royal Institute of Thailand, Volume III – 2011

Porter, M. E. (2008). Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors. Simon and Schuster.

Porter, M. E. (2011). Competitive advantage of nations: creating and sustaining superior performance. Simon and Schuster.

Quivy, R., & Van Campenhoudt, L. (2005). Manual de investigación en ciencias sociales. (N. Editores, Ed.) (1998).

Serratos, H. J. A., & José, A. (2009). El origen y la diversidad del maíz en el continente Americano. Greenpeace. Ciudad de México, México.

Superintendencia de Industria y Comercio, (2012). Cadena productiva del maíz: industrias de alimentos balanceados y harina de maíz . Editorial Desconocida. Recuperado de <http://www.sic.gov.co/drupal/masive/datos/Cadena%20productiva%20del%20ma%C3%A9Dz.pdf>

Silva, E., Ospina, B. & Alonso, I. (2002). Obtención industrial de harina de yuca por sistemas continuos. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción Procesamiento. Cali, Colombia, CIAT.

Unsworth, J. (2010). History of Pesticide Use. Home| IUPAC.

Uribe Galvis, C. P., Fonseca Rodríguez, S. L., Bernal Ramos, G. E., Contreras Pedraza, C. A., & Castellanos Domínguez, Ó. F. (2011). Sembrando innovación para la competitividad del sector agropecuario colombiano. línea en http://www.bdigital.unal.edu.co/3567/1/Diagramacion_Libro_MADR_V2.pdf.

Watson, S. A. (1984). Corn and sorghum starches: Production. Starch: Chemistry and Technology, ed. Whistler RL, Bemiller JW, Paschal EF. Acad. Press N/Y, USA, 417-464.

Williamson, O. E. (1981). The economics of organization: The transaction cost approach. American journal of sociology, 548-577.