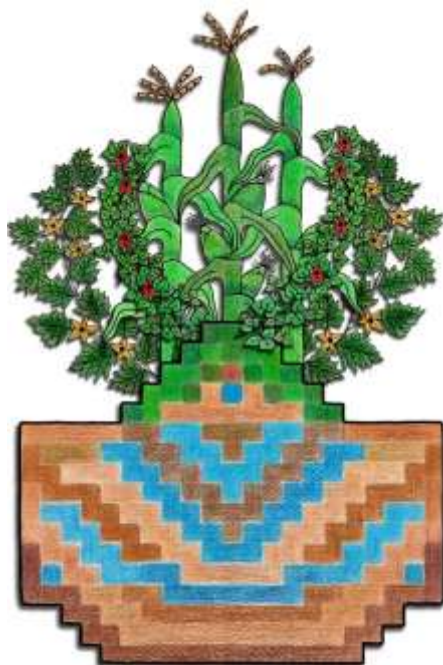


**Fortalecimiento a las cadenas de valor e impacto de las buenas prácticas
empleadas en comunidades marginadas en la Mixteca de Oaxaca y Puebla, como
alternativa económica para el restablecimiento de su economía post COVID 19**



**Guía de buenas prácticas para el acceso del grano de maíz nativo
al mercado de especialidad**

Marzo 2025

Contenido

1.-Introducción.....	4
2.-Antecedentes.....	4
2.1.-Importancia.....	4
2.2.-Contexto nacional	5
2.3.-Composición nutricional del grano de maíz.....	5
2.4.-Importancia de la calidad del grano de maíz para la comercialización	6
3.-Identificar y caracterizar sus maíces locales	6
3.1.-Razas de maíces	6
3.2.-Caracterización física y química	2
3.2.1.-Características químicas.....	2
3.2.2.- Características físicas	4
3.3.-Potencial agroindustrial	14
4.-Producción de maíces	15
4.1.-Prácticas sustentables.....	15
4.2.-Costos de producción.....	15
4.3.-Volumen.....	16
4.4.-Almacenamiento	17
4.5.-Trazabilidad.....	18
5.-Transformación	18
5.1.-Inocuidad	18
5.2.-Trazabilidad.....	19
6.-Comercialización	20
6.1.-Etiquetado.....	20
6.2.-Mercados	20
7.-Bibliografía	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del grano	4
Tabla 2. Composición química de las partes fundamentales del grano de maíz. Aragón Cuevas et al, 2012.	2
Tabla 3. Material y equipos utilizados en la determinación de impurezas. Palacios-Rojas, 2018.	3
Tabla 4. Grados de calidad, NMX-FF-034/1-SCFI-20021	5
Tabla 5. Material y equipos utilizados en la determinación del tamaño de grano.	5
Tabla 6. Clasificación de tamaño según el PCG.	6
Tabla 7. Características físicas deseadas según el uso del maíz.	8
Tabla 8. Material y equipos utilizados en la determinación de dureza de grano a través del IF en solución de azúcar.	8
Tabla 9. Clasificación del grano de maíz por su dureza.	9
Tabla 10. Material y equipos utilizados en la determinación de estructura y dureza de grano por disección.	10
Tabla 11. Material y equipos utilizados en la determinación de color utilizando aplicación de celular.	12
Tabla 12. Empresas que adquieren maíz nativo directo de productores	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de razas de maíz en Oaxaca. Aragón Cuevas, 2011.	6
Figura 2. Maíz negro de Santa María Yucunicoco.	6
Figura 3. Maíz blanco de Santa María Yucunicoco	6
Figura 4. Materiales diferentes al grano.	4
Figura 5. Granos quebrados	4
Figura 6. Maíz amarillo, peso de 100 granos	6
Figura 7. Toma de medidas con vernier.	7
Figura 8. Estructura del grano de maíz.	10

1.-Introducción

México es el centro con mayor diversidad de maíz (*Zea mays*, L.), en donde se concentran 59 razas por sus características morfológicas e isoenzimáticas (Caballero et al., 2019). El maíz blanco ha sido indispensable para la alimentación de los mexicanos y forma parte importante de su dieta diaria en productos como tortillas, totopos, tamales, tlayudas, cegueza, pozole, entre otros; todos alimentos que satisfacen las necesidades de los consumidores, contribuyendo de esta manera a la seguridad alimentaria en las comunidades rurales. No obstante, existe un déficit en su producción (27%), el cual está asociado a problemas como la incidencia de plagas y enfermedades, sequías, bajos rendimientos y problemas económicos (Rendón et al., 2015).

La calidad y el rendimiento del grano están relacionadas directamente con el manejo que realice el productor; si no hay control de plagas y enfermedades en el manejo del cultivo y en el almacenamiento habrá presencia de hongos, granos afectados por gorgojos y palomillas, las pérdidas por impurezas (mermas) será mayor; si no existe un programa de nutrición, si no hay suficiente agua, sobre todo en etapas críticas como en floración y llenado del grano, seguramente el grano no desarrollará su potencial en tamaño y volumen deseado.

Por otro lado, los altos costos de producción dejan un margen de ganancia mínimo, o en ocasiones nulo, al comercializar maíz en grano, esta situación representa un reto que se puede mejorar, aumentando rendimientos mediante manejo del cultivo, y, reducir costos mecanizando algunos procesos en la cadena de producción.

2.-Antecedentes

2.1.-Importancia

En México, el maíz forma parte de nuestra alimentación diaria, es el cultivo de mayor presencia en el país, constituye un insumo para la ganadería y para la obtención de numerosos productos industriales, por lo que, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social, es el cultivo agrícola más importante (Hernández, 1971; Polanco y Flores, 2008; SIAP, 2008).

México es el centro de origen del maíz, se cultiva en un amplio rango de altitud y variación climática, desde el nivel del mar hasta los 3,400 msnm. Se siembra en zonas tórridas con escasa precipitación, en regiones templadas, en las faldas de las altas montañas, en ambientes muy cálidos y húmedos, en escaso suelo, en pronunciadas laderas o en amplios valles fértiles, en diferentes épocas del año y bajo múltiples sistemas de manejo y desarrollo tecnológico (CONABIO, 2011 y Hernández X., 1985b). A esta gran diversidad de ambientes, los agricultores, indígenas o mestizos, mediante su conocimiento y habilidad, han logrado adaptar y mantener una extensa diversidad de maíces nativos (Muñoz 2003 y Márquez 2007).

Es distintivo entre las plantas cultivadas que al maíz lo podamos consumir en diferentes estados de maduración, cuando está tierno o en elote, previo a su maduración (camagua), o ya como grano maduro. Utilizamos sus hojas (*totomoxtle*), sus mazorcas (*élotl*) y sus granos (*cintle*) de cientos de maneras distintas. Una vez que el maíz ha sido nixtamalizado (cocido con cal), proceso que lo vuelve más nutritivo, y vuelto masa, se transforma en tortillas, tacos, tamales, panuchos, molotes, quesadillas, sopes, chalupas, tostadas, tlacoyos, huaraches, memelas, peneques, picadas, enchiladas, chilaquiles, salbutes, tecocos, tecoyotes, bolitas de masa en el mole de olla y en el mole amarillo. El maíz entero se utiliza en sopas como el pozole y los menudos, y el maíz molido en bebidas como el pozol, tejate, taxcalate, pinole y una gran variedad de atoles. El maíz fermentado

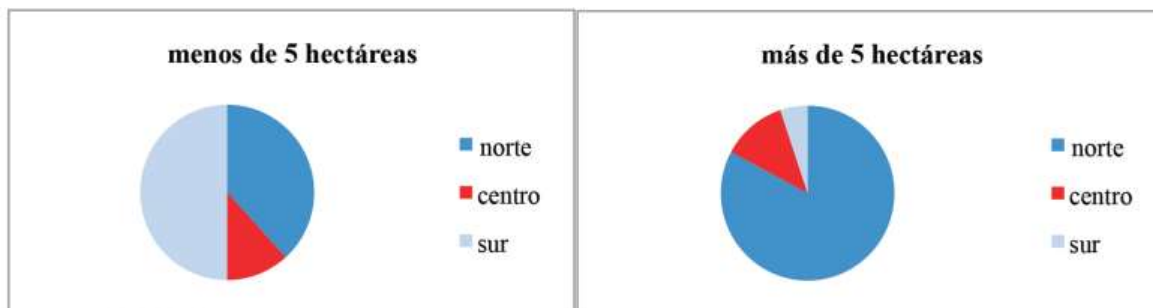
se utiliza en bebidas como el tesgüino, chicha y tepache. Sólo en México, se han identificado al menos 600 formas de preparar el maíz en la alimentación (CONABIO 2020).

2.2.-Contexto nacional

A nivel nacional, los principales estados productores son: Sinaloa, Jalisco, México y Michoacán con un 54.5%; en México y Chiapas se producen variedades de maíz diferentes al amarillo y blanco (SIAP, 2020). No obstante, aunque la mayor producción se concentra en esas regiones, el estado de Oaxaca ocupa el primer lugar en diversidad biológica y cultural (Rendón et al., 2015). Aragón Cuevas (2011) reporta 35 razas, estas variedades representan el 54% de la diversidad del país y son cultivadas principalmente por comunidades indígenas, en donde destaca los siguientes: Zapolote Chico, Olotillo, Bolita, Conejo, Tuxpeño, Tepecintle, Olotón Comiteco y Mushito.

En general, las superficies cultivadas tienden al minifundismo (Gráfica 1). A partir de los datos de una muestra, la CONABIO estimó que la mitad de los productores (48.5%, es decir, 811 de 1669 productores) cultivan menos de dos hectáreas y 42% (701 de 1669 productores) entre dos y cinco hectáreas. Únicamente 9% (157 de 1669 productores) cultiva más de cinco hectáreas.

Gráfica 1. Superficie cultivada con maíces nativos. Fuente CONABIO 2010.



2.3.-Composición nutricional del grano de maíz

El grano de maíz se denomina cariósido y posee un alto contenido en carbohidratos y proteínas (Planeación agrícola nacional, 2017-2030). Presenta cuatro estructuras principales: pericarpio, endospermo, germen y pedicelo, estas estructuras difieren en su composición química. El pericarpio está constituido por fibra cruda (86.7%), la que a su vez está conformada por celulosa y hemicelulosa. El endospermo está caracterizado por un contenido de almidón (87.6%), proteína (8%) y grasa relativamente bajo (0.8%). Por último, el germen presenta un alto contenido de grasa (33.2%), y además de proteínas (18.4%) y de minerales (10.5%).

Tabla 1. Composición química del grano

Componentes	Pericarpio (%)	Endospermo (%)	Germen (%)
Proteínas	3.7	8.0	18.4
Grasas	1.0	0.8	33.2
Fibra cruda	86.9	2.7	8.8
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.6	8.3
Azúcar	0.3	0.62	10.8
Materia seca	5.2	83	18.8

Fuente: adaptada de Paliwal (2001 como se citó en Sánchez Ortega, 2024)

2.4.-Importancia de la calidad del grano de maíz para la comercialización

La calidad del grano de maíz es afectada por diversos factores ambientales como la temperatura y la humedad relativa en el llenado del grano, en la cosecha y en la postcosecha (durante el secado, almacenamiento y transporte); estas eventualidades ocasionan daños e impurezas que afectan a la comercialización. Los granos dañados son el resultado de las acciones del calor, hongos, insectos, roedores u otros agentes nocivos (Palacios Rojas, 2018). Las impurezas son fragmentos provenientes de la propia planta: rastrojos, hojas, trozos de granos, ramas, etc. Existen otras que no provienen de la planta, a las cuales se les conoce como materias extrañas: semillas silvestres, tierra, arena, piedras, etc. Ambas pueden perjudicar el color, sabor y olor, e influyen de manera negativa en la conservación y comercialización del grano (Palacios Rojas, 2018).

3.-Identificar y caracterizar sus maíces locales

3.1.-Razas de maíces

El maíz como cultivo es un sistema dinámico y continuo. Su polinización es libre y hay movimiento o flujo de semilla por los agricultores año con año al mantener, intercambiar y experimentar con semilla propia o de otros vecinos de la misma localidad o de regiones distantes. A diferencia de las plantas silvestres, esto dificulta la distinción de unidades discretas para clasificar su diversidad. Una aproximación a su estudio y entendimiento ha sido seleccionar en este continuo las principales unidades (tipos o formas) que le caracterizan y a las que se han denominado razas.

El concepto y la categoría de raza es de gran utilidad como sistema de referencia rápido para comprender la variación de maíz, para organizar el material en las colecciones de bancos de germoplasma y para su uso en el mejoramiento (McClintock, 1981 y Wellhausen, 1988), así como para describir la diversidad a nivel de paisaje (Perales y Golicher 2011, 2014). Sin embargo, cada raza puede comprender numerosas variantes diferenciadas en formas de mazorca, color y textura de grano, adaptaciones y diversidad genética.

Las razas se nombran a partir de distintas características fenotípicas (Cónico, por la forma de la mazorca), tipo de grano (Reventador, por la capacidad del grano para explotar y producir palomitas), por el lugar o región donde inicialmente fueron colectadas o son relevantes (Tuxpeño de Tuxpan, Veracruz; Chalqueño, típico del Valle de Chalco) o por el nombre con que son conocidas por los grupos indígenas o mestizos que las cultivan (Zapalote Chico en el Istmo de Oaxaca o Apachito en la Sierra Tarahumara) (McClintock, 1981 y Wellhausen *et al.*, 1951).

GRUPO 1. CÓNICOS. - Los cuales se caracterizan por tener una mazorca cónica las cuales se distribuyen en regiones elevadas de más de 2 000 msnm sobre todo en el centro de México, como: Arrocillo, Cacahuacintle, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Dulce, Elotes Cónicos, Mixteco, Mushito, Mushito de Michoacán, Negrito, Palomero de Jalisco, Palomero Toluqueño y Uruapeño (Sánchez *et al.*, 2000).

Para la localidad de Santa María Yucunicoco se identificaron los grupos de razas como variaciones de Cónico, Chalqueño y Elotes Cónicos (Figuras 2 y 3).

Figura 1. Distribución de razas de maíz en Oaxaca. Aragón Cuevas, 2011.

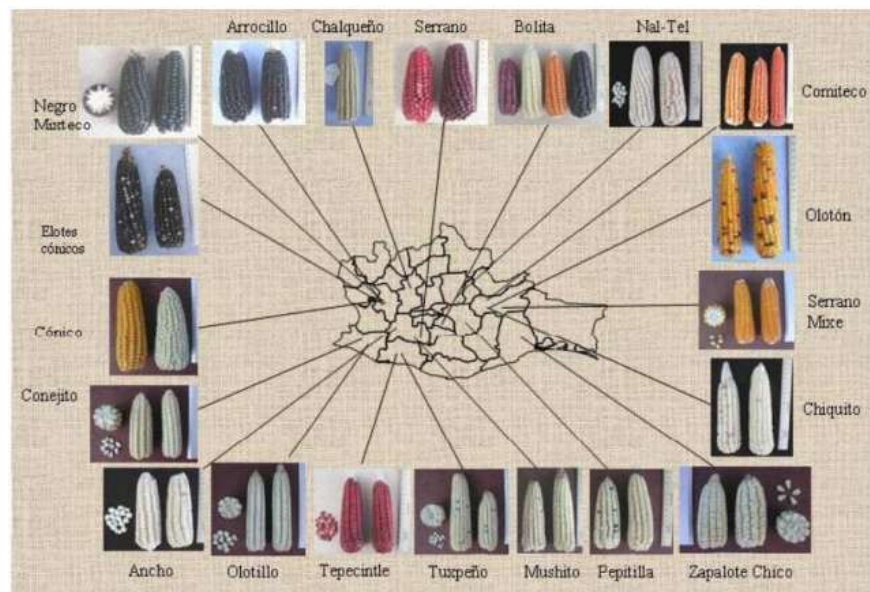


Figura 2. Maíz negro de Santa María Yucunicoco.



Figura 3. Maíz blanco de Santa María Yucunicoco



3.2.-Caracterización física y química

Cada uno de los usos del maíz está determinado por los diferentes tipos de grano y sus características físicas o químicas. Existe una asociación entre el color del grano y la cantidad de pigmentos útiles para la industria de los alimentos procesados, y generalmente se utiliza la dureza del grano como una de las principales características determinantes del uso potencial del maíz; por lo que es importante determinar sus características.

Para el caso de Santa María Yucunicoco se determinaron las siguientes características:

Tabla 2. Tamaño del grano

	Peso de 100 granos	Tamaños del grano
Maíz negro Yucunicoco Manejo convencional	25 gramos	Pequeño
Maíz negro Yucunicoco Manejo agroecológico	41 gramos	Grande

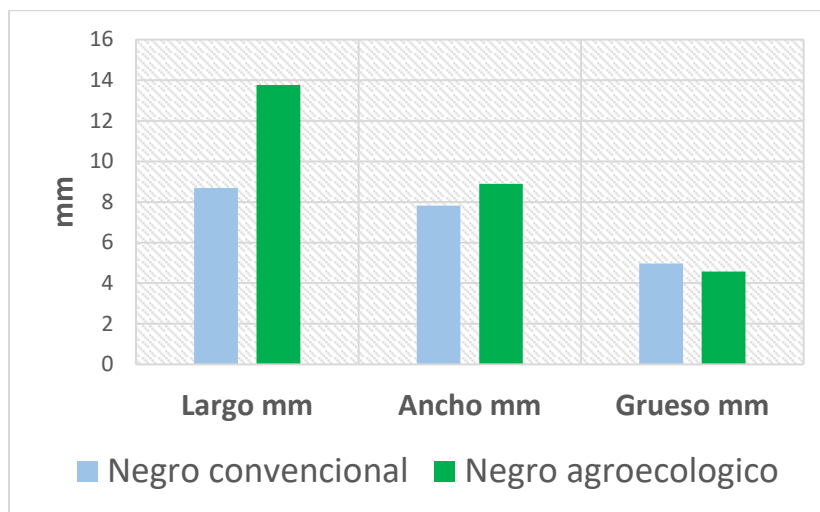


Tabla 3. Determinación de impurezas

Parámetro	Manejo convencional	Manejo agroecológico	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Impurezas (% máximo)	1.4	0.6	2	2.5	3
Granos quebrados (% máximo)	4	2	3	3.5	4
Suma de daños (% máximo)	5.4	2.6	5	7	10

Para el maíz con manejo convencional se determina que es grano 2 y para el de manejo agroecológico es grado 1.

Tabla 4. Índice de flotación – Por azúcar comercial

Maíz negro Yucunicoco	No. granos flotando	Dureza
Manejo convencional	99 granos	Muy suave
Manejo agroecológico	92 granos	Muy suave

3.2.1.-Características químicas

Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química (FAO, 1993). La composición química de los granos de maíz es muy variable debido a la genética, ambiente, producción, cosecha y almacenamiento (Tabla 5).

Tabla 5. Composición química de las partes fundamentales del grano de maíz. Aragón Cuevas et al, 2012.

Componente químico		Grano entero (%)	Pericarpio (%)	Endospermo (%)	Germen (%)
Carbohidratos	Almidón	72.4	7.3	87.6	8.3
	Fibra	2.66	86.7	2.7	8.8
	Azúcar	1.94	0.34	0.62	10.8
Proteínas		9.6	3.7	8	18.4
Grasas		4.7	0.98	0.86	34.4

Las características químicas del maíz y su método de determinación requieren equipo o laboratorios especializados son las siguientes:

- 1.-Contenido de proteína, almidón, humedad y aceites en grano de maíz mediante el analizador de grano Infratec.
- 2.- Extracción de grasa total por hidrólisis ácida en equipo Soxcap.
- 3.-Determinación de almidón total en harina de maíz utilizando un ensayo modificado Megazyme.
- 4.-Determinación de azúcares solubles con Antrona.
- 5.-Análisis de calidad de proteína.
- Determinación de triptófano en maíz utilizando ácido glioxílico en microplaca
- 6.-Determinación de lisina en harina de maíz.
- Análisis de micronutrientes y minerales.
- Cuantificación de carotenoides en harina de maíz por UPLC.
- Determinación de hierro y zinc en harina de maíz mediante digestión ácida y su análisis a través de plasma de acoplamiento inductivo con espectrómetro de emisión óptica.
- Determinación de hierro y zinc en harina de maíz mediante fluorescencia de rayos X (XRF) utilizando el equipo Oxford X-Supreme 8000.
- 7.-Determinación de compuestos antioxidantes
- Cuantificación de carotenoides totales por espectrofotometría.
- Determinación de la capacidad antioxidante de harina de maíz por capacidad de absorción de radicales libres (ORAC).
- Determinación de la capacidad antioxidante de harina de maíz por el método de DPPH.
- Determinación de antocianinas totales en granos de maíz pigmentados.
- Cuantificación de antocianinas glicosiladas en maíz pigmentado por HPLC.
- Cuantificación de ácido p-coumárico y ácido ferúlico en maíz por HPLC.
- Cuantificación de tocoferoles y tocotrienoles en maíz por UPLC.

3.2.2.- Características físicas

Muchas de las propiedades físicas del grano de maíz están relacionadas con su rendimiento, la calidad de sus productos y de sus derivados; por lo que estas propiedades confieren características específicas para cada variedad y son determinadas por factores genéticos, condiciones de producción y el manejo postcosecha; así mismo determinan el **uso más adecuado de la industria o la vida diaria**, por ejemplo, la dureza del endospermo determina los tiempos de nixtamalización del grano. Las principales características físicas se describen a continuación, cabe mencionar que los productores pueden determinar fácilmente estas características sin necesidad de equipo o laboratorios especializados.

Determinación de impurezas y granos dañados

La calidad del grano de maíz puede resultar afectada por: temperatura y la humedad durante el llenado, secado, almacenamiento y transporte, da como resultado: granos heterogéneos (diferentes tamaños), granos dañados (por calor, frío, hongos, insectos, roedores, etc), granos quebrados, impurezas (rastrojo, olote, hojas, otras semillas, tierra, arena, piedras).

El material extraño puede **perjudicar el color, sabor y olor** de los productos, además, el **exceso de impurezas** influye en forma **negativa** en la **conservación de los productos almacenados** y tienden a **humedecer los granos**, además de ser un medio favorable para el **desarrollo de insectos y microorganismos**.

Tabla 6. Material y equipos utilizados en la determinación de impurezas. Palacios-Rojas, 2018.

Material o equipo	Capacidad
Balanza analítica / Báscula	Capacidad máxima de 1010 gr
Cribas	Mallas de diámetro de 4.78 mm y 2.38 mm
Charola de fondo	N/A
Tapa para criba	N/A
Charolas para residuos	N/A
Vaso para pesar	Plástico de 1 L

Metodología



Figura 4. Materiales diferentes al grano.



Figura 5. Granos quebrados



Se utilizan cribas con diferentes diámetros de orificios, consiste en la separación y cuantificación de los granos quebrados y de impurezas, así como todo material que, aunque no haya atravesado las cribas sea diferente al grano, por medio de cribas de diferentes tamaños.

De acuerdo a la norma NMX-FF-034/1-SCFI-20021 y con base al porcentaje de impurezas y granos dañados, el maíz se clasifica en los siguientes grados de calidad. Palacios-Rojas, 2018.

Tabla 7. Grados de calidad, NMX-FF-034/1-SCFI-20021

Parámetro	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Impurezas (% máximo)	2	2.5	3
Granos quebrados (% máximo)	3	3.5	4
Suma de daños (% máximo)	5	7	10

Fuente Palacios-Rojas, 2018.

Tamaño del grano

a) Peso de cien granos

El peso de cien granos (PCG) es un indicador del tamaño del grano, un bajo peso corresponde a una muestra con gran porcentaje de granos pequeños y por el contrario, un peso alto se obtiene cuando los granos son grandes; una característica importante para los productores de harina. El porcentaje de endospermo en granos de una misma variedad es normalmente mayor en granos grandes, esto se traduce en un buen rendimiento por su elevada proporción de endospermo corneo.

Tabla 8. Material y equipos utilizados en la determinación del tamaño de grano.

Material o equipo	Capacidad
Balanza analítica / Bascula	Capacidad máxima 220 g, resolución de 0.1 mg
Sobre papel	5 x 8.5 cm
Charolas para pesar	N/A

Fuente Palacios-Rojas, 2018.

Metodología



Figura 6. Maíz amarillo, peso de 100 granos



Tabla 9. Clasificación de tamaño según el PCG.

Peso de 100 granos	Tamaño
>38 g	Grandes
33 – 38 g	Medianos
<33 g	Pequeños

b) Dimensiones del grano por medición directa con Vernier

Los granos varían en forma y tamaño debido a diferencias genotípicas. La heterogeneidad se puede explicar por la competencia durante el desarrollo del grano o susceptibilidad al estrés. En ocasiones existen limitaciones por la cantidad de grano disponible y se tiene que realizar una medición directa. El no contar con las cribas también influye en la decisión de utilizar esta metodología. En diversos artículos científicos es el dato reportado y también la CONABIO sugiere realizarlo de este modo en las colectas de maíz. Con la medida directa del grano, ancho y espesor de los granos, se puede hacer un estimado sobre la criba en la cual serían retenidos.

Material y equipos utilizados en la para determinar el tamaño de grano por medición directa con Vernier, se utiliza un **Vernier electrónico, resolución de 0-0.00005 in.**

Metodología

- 1.-Seleccionar 10 granos sanos de cada muestra
 2. Medir el largo, ancho y grosor (espesor) de cada grano
- Registrar las medidas, calcular el promedio y la desviación estándar, a menor valor de la desviación estándar, el grano es más homogéneo.

Figura 7. Toma de medidas con vernier.



Fuente Palacios-Rojas, 2018

Dureza del grano

La dureza del grano de maíz se define como la fuerza necesaria para romperlo y contribuye a otorgarle resistencia mecánica, propiedad que determina la integridad del grano durante las operaciones de cosecha y post-cosecha, sin embargo, también es el parámetro que determina esencialmente la capacidad del grano para absorber y retener agua durante las diferentes etapas del proceso de cocción, especialmente durante la nixtamalización. Los maíces denominados suaves se hidratan mejor que los duros, es decir, absorben mayor cantidad de agua debido a que los gránulos de almidón son más fácilmente alcanzados por el líquido.

Esa resistencia que determina la calidad que posee el grano para su uso y conservación, se relaciona de forma directa con la dureza del endospermo, que a su vez se debe a la relación entre los endospermos córneo y harinoso: tanto mayor es la dureza del grano, mayor será la proporción de endospermo córneo que lo componga.

Las industrias y mercados buscan diversas características de dureza y parámetros físicos para la elaboración de alimentos, tal es el caso de la industria de la molienda seca requiere materia prima de grano duro o muy duro, para obtener fracciones de los tamaños adecuados a las distintas aplicaciones. La industria tortillera necesita conocer este parámetro para dar el tiempo de cocción adecuado al maíz al momento de nixtamalizar y prefiere granos de intermedios a duros.

Tabla 10. Características físicas deseadas según el uso del maíz.

Usos	Características físicas deseadas
Tortillas	Granos duros o semiduros. Valores intermedios-altos de peso de cien granos (PCG). Valores intermedios-bajos de gravedad específica (Peso hectolítrico). Valores altos de capacidad de absorción de agua, alto rendimiento de tortilla, baja pérdida de peso y baja resistencia al corte.
Atoles	Granos muy suaves y harinosos (con alto porcentaje de endospermo suave), lo que contribuye al desarrollo de viscosidad. Valores altos de peso de cien granos (PCG). Valores bajos de gravedad específica. Valores altos de capacidad de absorción de agua.
Palomitas	Granos pequeños, cristalinos, muy duros y con altos valores de gravedad específica. Valores bajos de capacidad de absorción de agua. Valores altos de volumen de expansión. Tiempos cortos de reventado.
Pinoles	Granos de baja dureza. Valores intermedios de gravedad específica y peso de cien granos (PCG). Valores bajos de capacidad de absorción de agua.
Pozoles	Granos suaves y harinosos (con alto porcentaje de endospermo suave), de preferencia grandes. Valores altos de peso de cien granos (PCG). Valores bajos de gravedad específica. Valores altos de capacidad de absorción de agua. Tiempos cortos de cocción para el reventado del grano. Valores altos de capacidad de expansión.

Cuadro adaptado de Fernández-Suárez et al. (2013).

a) Índice de flotación – Por azúcar comercial

Debido a la necesidad de determinar la dureza del grano mediante el índice de flotación, se realizó una modificación al método oficial, reemplazando el nitrato de sodio por azúcar comercial. Una solución de azúcar con la misma densidad que la solución de nitrato de sodio al 41 % brinda resultados similares al método oficial. Es decir, el número de granos flotantes en la solución depende directamente de la densidad de éstos respecto a la densidad de la solución (entre más duro el tipo de maíz menor es el valor de índice de flotación). Con esta metodología es posible determinar la dureza de todo tipo de granos de maíz, permitiendo su clasificación en granos muy suaves, suaves, intermedios, duros y muy duros, asignando un tiempo de cocción durante el proceso de nixtamalización en función de dicha dureza.

Tabla 11. Material y equipos utilizados en la determinación de dureza de grano a través del IF en solución de azúcar.

Material o equipo	Capacidad
Báscula	Resolución de 1 g
Espátula	N/A
Vasos transparentes	Vidrio o plástico de 1L
Papel absorbente	N/A
Cuchara con perforaciones	N/A
Colador de plástico	N/A

Fuente Palacios-Rojas, 2018

El procedimiento para la preparación de la solución de azúcar al 67 % es el siguiente:

1. Agregar un litro de agua purificada en una botella vacía de 1.5 L. Marcar con una línea el volumen ocupado y retirar el agua.
2. Pesar 670 g de azúcar refinada y depositarla en la botella previamente marcada.
3. En la botella con azúcar, adicionar agua purificada hasta la marca realizada, cerrar y agitar vigorosamente para disolver el azúcar. El volumen del líquido disminuirá debido a la incorporación del azúcar en el agua, por lo que será necesario agregar otra vez agua hasta la marca y agitar nuevamente para homogenizar la solución. Una vez disuelta el azúcar, el volumen total de la solución será de 1 L exactamente.

Determinación del índice de flotación

4. Seleccionar 100 granos (sanos y completos) de cada muestra y registrar su peso (peso de cien granos).
5. Adicionar 500 ml de la solución de azúcar en un recipiente transparente de 1 l.
6. Vaciar los 100 granos a la solución y agitar (3 veces a la derecha y 3 veces a la izquierda) con ayuda de una cuchara.
7. Dejar reposar la solución por 1 minuto para que los granos floten o se sumerjan.
8. Retirar los granos flotantes con una cuchara y depositarlos en un colador. Contarlos.
9. Determinar la dureza de la muestra de acuerdo a la clasificación del Cuadro 12.

Tabla 12. Clasificación del grano de maíz por su dureza.

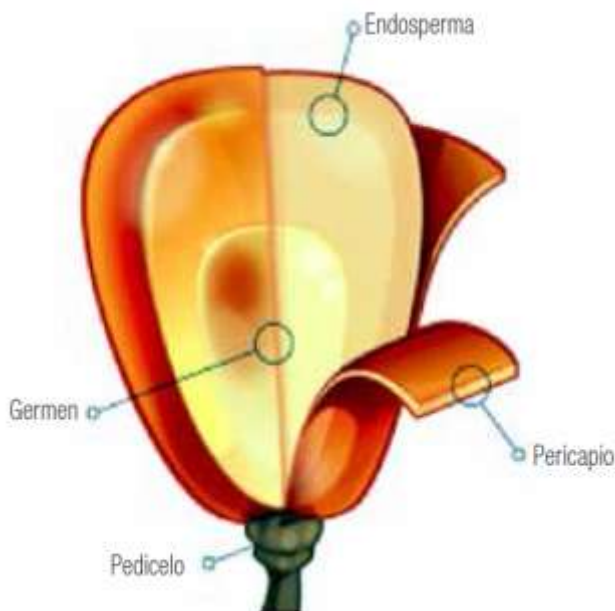
Granos flotantes	Dureza
0-12	Muy duro
13-37	Duro
38-62	Intermedio
63-87	Suave
88-100	Muy suave

Fuente Palacios-Rojas, 2018

b) Disección del grano

Las cuatro estructuras físicas fundamentales del grano son: pericarpio o salvado (5-6 %), endospermo (82-83%), germen o embrión (10-11%), y la piloriza, pico o pedicelo (0.8-1.0 %).

Figura 8. Estructura del grano de maíz.



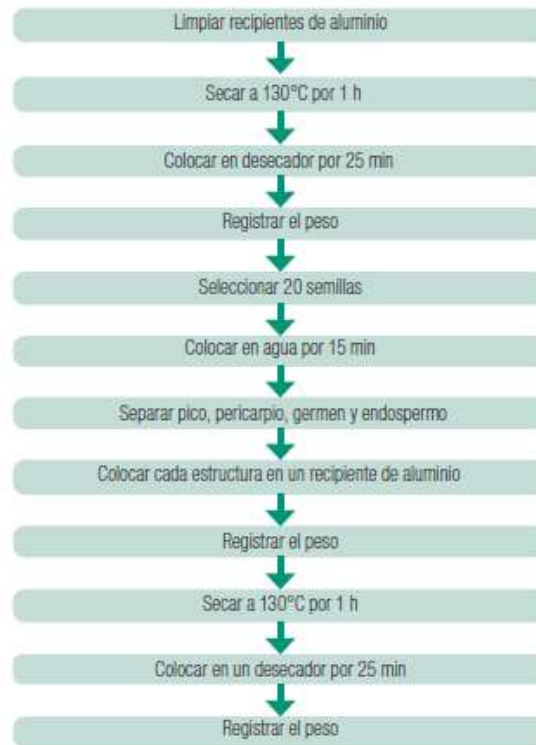
Fuente: <https://dacsa1.rssing.com/chan-58245097/article8.html>

A través de la disección se pueden determinar los porcentajes de las distintas estructuras que conforman el maíz.

Tabla 13. Material y equipos utilizados en la determinación de estructura y dureza de grano por disección

Material o equipo	Capacidad
Balanza analítica	Capacidad máxima 220 g resolución 0.1 mg / Metter Toledo
Bisturí	N/A
Navajas para bisturí	NO.11 / Hergom Libres de polvo
Guantes de nitrilo	Libres de polvo / Kimberly Clarl KC 500
Vaso de precipitados	50 mL / Pymes
Pinzas de disección	N/A
Recipientes de aluminio	N/A
Desecador	N/A
Papel absorbente	N/A
Estufa de secado	N/A
Paños de papel libres de pelusa	N/A

Metodología:



* No se puede separar el pericarpio. Dejar más tiempo remojando en agua (granos duros aprox. 20 min). El maíz se deshace. Dejar menos tiempo en agua (granos harinosos aprox. 10 min).

Color

Determinación de color por medio de la aplicación Techkon Color Catcher™

Es una de las características sensoriales más importantes en la apariencia de un alimento y es determinada por la longitud de onda en la región visible del espectro electromagnético de 380 y 770 nm. El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la procesa. Está afectado por el objeto, el área, fondo, superficie, brillo y temperatura. Se lo define entonces como una respuesta mental al estímulo que una radiación luminosa visible produce en la retina. En las frutas y vegetales el color se debe principalmente a tres familias de pigmentos: clorofilas, carotenoides y antocianinas, que son los responsables de la coloración verde, amarilla-roja, azul-violeta respectivamente.

El primer acercamiento del consumidor al alimento es por su color, ya que lo relaciona con la aceptación o rechazo. En algunos alimentos el color es el resultado conjunto de sus características físicas y sus compuestos pigmentantes.

Tabla 14. Material y equipos utilizados en la determinación de color utilizando aplicación de celular

Material o equipo	Capacidad
Tarjeta de color	N/A Color catcher Techkon
Celular	Smartphone con la aplicación Color Catcher Techkon
Pila de litio	3 V / Steren, tipo boton
Leds	Blanco ultra / Steren
Muestreador	N/A
Caja de lectura	N/A

Metodología



3.3.-Potencial agroindustrial

La calidad del grano de maíz está asociada tanto de su constitución física, que determina la textura, dureza y tamaño, como de su composición química que define el valor nutricional y el uso industrial. La importancia relativa de estas características determinará el destino de la producción, viéndose afectadas por ciertos aspectos que se dan durante la producción del grano o su almacenamiento como: daños físicos o mecánicos, baños biológicos y porcentajes de proteína. Se menciona que el maíz se consume en variadas formas, desde la sémola para polenta y pan, hasta el utilizado para la fabricación de alcohol industrial; el sistema agroindustrial incluye siete tipos de industrias:

1. Fabricación de tortillas.
2. Molienda de nixtamal.
3. Harinas de maíz nixtamalizado.
4. Industria de almidones, féculas, levaduras y otros insumos para las industrias químicas.
5. Frituras y botanas.
6. Hojuelas de maíz.
7. Alimentos balanceados de uso pecuario.

El sector pecuario es el principal consumidor de maíz con el 51.1.% de la oferta nacional total (maíz blanco y amarillo), le sigue la industria de la elaboración de tortillas (las 3 primeras) con el 37.7%, la fabricación de derivados como almidones y féculas con el 9.5% y por último la industria de los cereales y botanas con 1.7% (CANAMI, 2006).

4.-Producción de maíces

La producción de maíces nativos está relacionada con el manejo agronómico y las condiciones ambientales; de acuerdo a trabajos en la zona, se ha demostrado al menos en el peso de 100 granos entre un maíz con manejo convencional y uno con manejo agroecológico, la calidad es superior con el segundo, también es ligeramente mayor en el rendimiento total. Por lo que se recomienda producir con prácticas agroecológicas/sustentables.

4.1.-Prácticas sustentables

Se recomienda realizar las siguientes prácticas de acuerdo a las condiciones agroecológicas y económicas de su parcela.

- Policultivo – Milpa (Maíz, Frijol, Calabaza, etc) y/o MIAF (Milpa intercalado con árboles frutales)
- Aplicación de bioinsumos (compostas, lixiviados, harina de rocas, biofertilizantes, microorganismos benéficos, caldos minerales, extractos vegetales)
- Abonos verdes o de cobertura
- Curvas a nivel, terrazas
- Arreglo topológico (2 a 3 semillas por paso)
- Densidad de siembra (40,000 a 50,000 plantas por hectárea)
- Fertilización fraccionada (Dosis adecuadas de aplicación de nutrientes en las diferentes etapas fenológicas del maíz)
- Rotación de cultivos
- Selección masal

4.2.-Costos de producción

Los costos de producción en todos los eslabones de producción y transformación es de vital importancia, eso define los márgenes de ganancia, el precio de comercialización.

Se realizó un ejercicio de identificación de costos de producción en Santa María Yucunicoco, los resultados fueron:

Actividad		Unidad	Cantidad	Costo unitario	Monto
Preparación del Suelo	Limpieza del terreno	Jornales	15	\$ 250.00	\$ 3,750.00
	comida				\$ 2,000.00
	Barbecho	Yuntas	6	\$ 800.00	\$ 4,800.00

	comida				\$ 1,500.00
Siembra	Siembra	Jornales	10	\$ 250.00	\$ 2,500.00
	comida				\$ 1,500.00
	semilla	cajones	7	\$ 180.00	\$ 1,260.00
Nutrición	18-46-00	bultos 50kg	6	\$ 800.00	\$ 4,800.00
	urea	bultos 50kg	8	\$ 500.00	\$ 4,000.00
Manejo Fitosanitario	Producto químico	Bote 1 L	1	\$ 600.00	\$ 600.00
	Aplicación	Jornales	4	\$ 250.00	\$ 1,000.00
Labores Culturales	1 limpia	Jornales	18	\$ 250.00	\$ 4,500.00
	comida				\$ 2,000.00
	2 limpia	Jornales	18	\$ 250.00	\$ 4,500.00
	comida				\$ 2,000.00
Cosecha	pixca	Jornales	30	\$ 250.00	\$ 7,500.00
	comida				\$ 2,000.00
	arrastre en caballo	servicio	1	\$ 800.00	\$ 800.00
	transporte	servicio	1	\$ 25.00	\$ 2,500.00
	Desgrane	Jornales	3	\$ 250.00	\$ 750.00
Total					\$ 54,260.00
Rendimiento					2 ton
Costo ton					\$27,130.00
Costo kilogramo					\$27.13

Para obtener ganancias, el costo del kilogramo de maíz debe ser mayor a \$27.13.

Tener mejores rendimientos, mejor productividad da como resultado que los costos unitarios disminuyan. Al obtener un mayor rendimiento promedio, el costo por tonelada es menor, lo que repercute directamente en la ganancia unitaria. Es indispensable también que los productores reduzcan sus costos; esto puede ser alcanzado con un mejor uso de la tecnología que permita incrementar los rendimientos.

4.3.-Volumen

La mayoría de los productores ha comercializado su producción (una mínima cantidad), pero siempre destinan gran parte para autoconsumo.

Es necesario conocer el volumen de producción cada ciclo productivo, y a la vez conocer la cantidad a comercializar o transformar; este dato dará pauta para saber a qué mercados vender, almacenamiento, si se requiere adquirir maquinaria, etc.

Para el caso de Santa María Yucunicoco, mediante un taller con los productores se obtuvieron los siguientes datos: El consumo familiar (de 4 a 5 integrantes) es de 1.5 a 2 ton (puede variar

dependiendo de la edad, actividad de los integrantes, el número de especies y animales en la unidad de producción familiar). El rendimiento para el maíz blanco es de 2.00 ton/ha, entonces, cada unidad familiar al menos debería producir una hectárea con ese rendimiento únicamente para autoconsumo, en el caso del maíz negro el rendimiento es de 1.2 ton/ha, por lo que deberían producir 1.6 ha para autoconsumo. Si desean producir excedentes, para maíz blanco tendrían que producir al menos 1.5 ha de maíz blanco y 2 ha de maíz negro.

4.4.-Almacenamiento

El objetivo del almacenamiento de los granos por periodos prolongados es buscar su preservación sin afectar la calidad o la inocuidad con la que han sido cosechados.

Por lo que el grano debe secarse a no más allá del 13 % de humedad, para garantizar su adecuada conservación en almacenamiento. Cuando el grano contiene entre el 12.5 % y no más allá del 13 % de humedad se puede proceder a almacenar el grano con seguridad. No se debe almacenar grano con mayor contenido de humedad, puesto que el grano respira más aceleradamente produciendo calor y puede llegar a deteriorarse rápidamente, llegando inclusive a producir aflatoxinas, hongos y puede volverse más susceptible al ataque de plagas de granos almacenados.

Se puede secar el grano sobre lonas, sobre cementados limpios volteándolo en forma periódica para obtener uniformidad de secado.

Utilizar recipientes herméticos como silos metálicos, bolsas herméticas, tambos herméticos con cincho y tapa, lona PVC, etc.

En caso de que se disponga de instalaciones para el almacenamiento, estas deben cumplir con lo siguiente:

- a. Los lugares de almacenamiento deben ser limpios, frescos, con suficientes seguridades para que no ingresen roedores.
- b. El diseño de las instalaciones debe permitir las labores de mantenimiento y sanitización de forma eficiente, tanto para la limpieza como para la desinfección y que disminuya al mínimo la contaminación transmitida por el aire.
- c. Los pisos tienen que estar contruidos de cemento y con un buen sistema de evacuación que permita una limpieza efectiva.
- d. Los techos y los aparatos elevados (lámparas) deberán estar elaborados con materiales y acabados que permitan reducir al mínimo la acumulación de la suciedad, así como el desprendimiento de partículas.
- e. Las ventanas deben ser de fácil acceso para limpiar y evitar la acumulación de suciedad, provistas de mallas contra insectos por su parte externa, evitar cualquier elemento que pueda hacer daño o contaminar.
- f. Las puertas deben estar conformadas por superficies lisas, no absorbentes y de fácil limpieza.
- g. Se debe contar con un plan de mitigación de plagas.
- h. Las actividades de mantenimiento, limpieza y desinfección de las instalaciones de poscosecha, almacenamiento y protección del grano deben ser registradas.

4.5.-Trazabilidad

Establece las especificaciones técnicas que deben ser consideradas en los procedimientos de Buenas Prácticas Agrícolas, en todas sus etapas, orientadas a asegurar la inocuidad de los alimentos, la protección del entorno natural y de las personas que trabajan en esta actividad (así como las comunidades que viven en sus cercanías) y el manejo sostenible de los insumos y materias primas, asegurando la salubridad del producto en todas las etapas de producción de este rubro.

Se debe contar con un sistema de trazabilidad documentado que permita conocer la ubicación y trayectoria del producto, tomando en cuenta los siguientes elementos: origen de la semilla, registros de campo, la identificación de las parcelas o divisiones de campo, la identificación de los costales o contenedores de producto cosechado (de acuerdo a la fecha y parcela), la calidad del grano, el transporte del mismo, la fecha de entrega y la identificación del comprador a la que se entrega el producto, que es hasta dónde llega el registro del sistema por parte del productor.

Se debe contar con un sistema de identificación para cada parcela, lote o división de campo (puede ser un número, una letra o una clave). Esta identificación se utilizará para documentar todas las actividades agrícolas que en él se realicen.

Debe crearse un Código de Trazabilidad (etiqueta) propio que permita identificar cada producto que sale de la parcela al mercado. Para la codificación se pueden usar números y letras. El código de trazabilidad debe contener la siguiente información: siglas del nombre y apellido del productor, variedad, lote o parcela de dónde proviene, lugar donde fue producido y fecha de empaque. Cada costal o contenedor de maíz debe llevar este código de trazabilidad.

5.-Transformación

La principal norma que debemos tomar en cuenta para la transformación o procesamiento de productos a base de maíz es la: Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios como masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan tiene por objeto establecer las especificaciones sanitarias que deben cumplir la masa, tortillas, tostadas, harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Asimismo, establece la información comercial que debe figurar en las etiquetas de los productos.

5.1.-Inocuidad

La inocuidad del maíz se refiere a la garantía de salubridad para el consumidor final, es decir, un maíz inocuo, limpio, es un maíz que no hace daño.

La normativa abarca diversas áreas, calidad de la materia prima, el proceso de producción y almacenamiento, y el personal operativo. Entre las especificaciones generales se destaca la

necesidad de utilizar agua potable y plaguicidas autorizados para garantizar los estándares establecidos.

Para el caso de la materia prima hay que considerar lo siguiente:

- No deben emplearse materias primas que no sean aptas para el consumo humano o en mal estado (con palomillas, gorgojos u otras plagas).
- Para la nixtamalización del maíz se debe utilizar hidróxido de calcio u óxido de calcio (cal), que cumpla con las especificaciones.
- La deshidratación a que se someten los productos no debe hacerse en áreas descubiertas o a la intemperie que las exponen con materiales extraños o fauna nociva.
- La masa debe estar limpia, fresca y haber sido elaborada en el transcurso del día, no debe presentar sabores o aromas agrios.

Para el personal se recomienda:

- Presentarse aseado al área de trabajo y con ropa limpia.
- Durante el tiempo que duren sus labores debe usar uniforme limpio, bata o mandil y una protección que cubra totalmente el cabello.
- El personal que está en contacto directo con el producto, que lo manipule antes de su envasado o que tenga barba o bigote debe usar cubrebocas.
- Lavarse las manos con agua y jabón, secarse con toallas desechables o secador de manos, antes de iniciar el trabajo y después de cada ausencia en el mismo y en cualquier momento en que las manos estén sucias.
- Mantener las uñas cortas, limpias y libres de esmalte para uñas y el rostro sin maquillaje.
- No deben trabajar en el área de proceso o venta personal que presente enfermedades contagiosas.
- Las cortadas o heridas sobre la piel deben cubrirse apropiadamente con material impermeable.
- El personal que manipule dinero no debe tocar directamente con las manos el producto.

5.2.-Trazabilidad

Todas las actividades como elaboración de productos, actividades de limpieza y desinfección del equipo, utensilios, instalaciones o materia prima, debe documentarse en bitácoras y/o registros indicando fecha, hora y responsable, o debe hacer figurar como mínimo el nombre de los productos usados, concentraciones, tiempo de contacto y tipo de enjuagues según corresponda.

Se debe llevar un control documental de las materias primas durante su almacenamiento, indicando fecha y nombre del responsable. En el caso del maíz se debe llevar registro de humedad relativa y temperatura. Para materia prima de otro proveedor u origen, deberá documentarse el nombre de la materia prima, condiciones de almacenamiento y conservación, identificación del lote al que se realizó el análisis, fecha y laboratorio responsable, en el caso de que las materias primas que se adquieran en tiendas de autoservicio o pequeños comercios como tiendas de abarrotes, el registro debe incluir, al menos lo siguiente: fecha de ingreso, proveedor e identificación del lote.

6.-Comercialización

6.1.-Etiquetado

La información comercial: marca, denominación del producto, declaración del contenido, nombre y domicilio del fabricante o importador y país de origen, deben cumplir con lo que se señala a continuación:

1.-El nombre o la denominación del producto: debe corresponder con la establecida en los ordenamientos legales específicos, en ausencia de éstos puede indicarse el del nombre de uso común, o bien, emplearse una descripción de acuerdo con las características básicas de la composición y naturaleza del mismo, que no induzca a error o engaño al consumidor.

2.-Debe declararse el contenido neto en unidades del sistema General de Unidades de medida de conformidad a lo que establece la NOM-030-SCFI-1993.

3.-Nombre y domicilio del responsable: debe indicarse en la etiqueta el nombre o razón social y domicilio (según corresponda nombre o denominación de la avenida, calle o calzada, número exterior y en su caso interior, colonia, código postal, ciudad y estado entre otros) del productor o empresa responsable de la fabricación.

4.-Las etiquetas deben de colocarse en cada producto y garantizar que permanezcan adheridos al producto hasta el momento de su venta y usos, (que no vayan borrosos, cortados, despegados, visibles).

5.-Respaldar cualquier información que se presente en la etiqueta, respecto a los ingredientes utilizados o sellos.

6.-En la etiqueta de los productos debe figurar la lista de ingredientes y van en orden decreciente, para los cálculos de nutrimentos, los cálculos de porcentajes de energía y proteínas se deberán realizar de acuerdo a las fórmulas de la NOM-187-SSA1/SCFI-2002.

7.-La fecha de caducidad que incorpore el fabricante en el producto preenvasado, no debe ser alterada en ningún caso y bajo ninguna circunstancia.

8.-Cada unidad debe llevar grabada o marcada de cualquier modo la identificación del lote al que pertenece, la cual debe permitir la rastreabilidad del producto, estar relacionada con la fecha de elaboración y colocarse en cualquier parte del envase. Dicho dato no debe ser alterado u ocultarse en forma alguna.

6.2.-Mercados

A nivel nacional se identificaron los principales competidores en el mercado nacional de grano de maíz, como se puede observar en la siguiente tabla.

Nombre de la empresa	Dirección	Presentación
Granos, Semillas y Alimentos Balanceados - Comercializadora Escamilla	Av. Independencia 304, Manuel Ávila Camacho, 93220 Poza Rica, Veracruz	 Costal transparente de 50 KG Precio a 490.00
Granos de Sinaloa	Ubicados a lo largo del estado de Sinaloa	 Presentación 50 kg Precio: 500.00
Comercializadora de granos y semillas: Agroversa	A Navolato Pte., 9645, aeropuerto, Culiacán, Sin, C.P. 80130	 Presentación 50 kg Precio: 480

A nivel estatal se identificó a la empresa Integradora Agroempresarial del Río Verde S.P.R de R.I quien acopia y comercializa grano de maíz nativo. Tal como lo indica Sotelo Mariche (2019) la organización acopia 500 toneladas anual y comercializan a Nueva York, Los Ángeles, Estados Unidos y Pensilvania; principalmente, grano blanco con un 95%, 3% grano amarillo y 2% grano morado o de otros colores de variedades Tuxpeño, Olotillo, Conejo y Vandeño.

SEGALMEX, por parte del gobierno federal acopia los granos de los productores de la región con ciertos requisitos que los productores deben de cumplir para que se les pueda pagar, sin embargo, solo acopia maíz blanco.

Masienda, empresa con sede en los EE.UU. y México, es una acopiadora de pequeños lotes de maíces nativos.

En el estado existen pequeñas empresas que adquieren maíz nativo de pequeños productores, a continuación, se muestra en la tabla.

Tabla 12. Empresas que adquieren maíz nativo directo de productores

Empresa	Tipo de maíz	Contacto
Whiskey Sierra Norte	Blanco, azul, rojo	Sierra Norte Distillery Calle Pirú # 610 San Agustín de las Juntas, Oaxaca 951-511-5701 https://www.sierranortewhiskey.com/contact
Whiskey Deidades	Blanco, azul, rojo	contacto@deidades.mx 951 238 5048 deidades.mx

Whiskey Origen	Blanco, azul, rojo	95 1 285 0665 https://www.facebook.com/origen35/
Diii Zallil	Blanco y azul	Calle Plutarco Elías Calles sin número, San Raymundo Jalpan, Oaxaca 951 246 6288 prozaarina@gmail.com https://www.facebook.com/profile.php?id=100063478125225
Ancestral	Blanco y amarillo	José López Alavés 1347, Barrio de Xochimilco, 68040 Oaxaca de Juárez, Oax. 951 688 7072
Finca Olivos	Blanco y amarillo	Calle del refugio 219, 68080, barrio de Jalatlaco 951 497 0466 atencionfincaelolivo@gmail.com
Xub maíz	Blanco y de colores	Privada de gardenias, No 214, Col. Reforma, Oaxaca de Juárez, México. 951-214-3088
Idbi	Blanco, amarillo y rojo	Villa de Zaachila, Oaxaca Amado Ramírez 951 511 7903
Tierra del sol Restaurante	Blanco y de colores	Reforma 411, Ruta Independencia, Centro, Oaxaca de Juárez. 9511997774
Tortillería Moneda	Blanco y de colores	Col La Noria Rodrigo Zarate 666724502

7.-Bibliografía

- <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>
- CONABIO. 2020. Maíces <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. México. Contenido: Cecilio Mota Cruz, Caroline Burgeff y Francisca Acevedo Gasman
- <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>
- http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx/jspui/bitstream/LITER_CIIDIROAX/640/1/Santiago%20Hdz.%2C%20Concepci%C3%B3n%20%282022%29.pdf
- <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu165997.pdf>
- https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003#gsc.tab=0
- Palacios-Rojas, N. 2018. Calidad nutricional e industrial de Maíz: Laboratorio de Calidad Nutricional de Maíz “Evangelina Villegas” CDMX, México: CIMMYT.
- Flavio Aragón Cuevas; José Juan Vales Medina; Juan de Dios Figueroa Cárdenas; Manuel Flores Zarate; Marcela Gaytán Martínez; Calidad Industrial de Maíces Nativos de la Sierra Sur de Oaxaca. Inifap 2012, Coyoacán, México.