



LA MORINGA

(*Moringa oleifera* Lam.)

UNIVERSIDAD
DE CHILE

SERIE
CIENCIAS
AGRONÓMICAS

N° 23, 2015

Autores:
Loreto Prat del R.
Javier Mendoza O.
Carlos Muñoz S.





UNIVERSIDAD DE CHILE
SERIE CIENCIAS AGRONÓMICAS N° 23, 2015

La Moringa

(Moringa oleifera Lam.)

Autores

Loreto Prat del Río, Javier A. Mendoza Ortíz y Carlos Muñoz Schick

Publicación realizada en el marco del proyecto
“Introducción y evaluación económica de distintos ecotipos de moringa”
financiado por el Gobierno Regional de la Región Metropolitana.

Santiago-Chile, 2015

L. Prat, del R.; J, Mendoza O. y C. Muñoz S.
LA MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.)
Santiago, Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas, 2015
Serie Agronómicas N° 23
64 páginas.

Financiamiento:
Gobierno de la Región Metropolitana de Chile

ISBN LIBRO: 978-956-19-0917-5
ISBN SERIE: 978-956-19-0363-0
R.P.I.: 256.166

Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile
Casilla 1004, Santa Rosa 11315
La Pintana, Santiago

Edición: 500 ejemplares

Diagramación y Diseño portada: Denisse Espinoza A.
Impresión: Mallea Impresores Ltda.

TABLA DE CONTENIDOS

| | Pág. |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 2. CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA ESPECIE | 5 |
| 2.1 Origen | 5 |
| 2.2 Taxonomía | 5 |
| 2.3 Morfología de la planta, hojas, frutos y semillas | 5 |
| 2.4 Fenología | 8 |
| 2.5 Composición química, bromatológica, funcional, etc. | 9 |
| 2.5.1 Composición química | 9 |
| 2.5.2 Composición bromatológica | 10 |
| 2.5.3 Composición funcional | 12 |
| 2.6 Hábitat (requerimientos edafoclimáticos) | 13 |
| 2.6.1 Requerimientos climáticos | 13 |
| 2.6.1.1 Temperatura | 13 |
| 2.6.1.2 Precipitaciones | 14 |
| 2.6.1.3 Viento | 14 |
| 2.6.2 Requerimientos de suelo | 14 |
| 2.6.2.1 Textura | 14 |
| 2.6.2.2 pH y salinidad | 15 |
| 3. DOMESTICACIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO | 16 |
| 4. CULTIVO DE LA ESPECIE | 18 |
| 4.1 Métodos de propagación (semillas estacas, micropopagación) | 18 |
| 4.2 Sistemas de plantación según destino de la producción | 22 |
| 4.2.1 Producción intensiva de hojas | 22 |
| 4.2.2 Producción de hojas en cultivo perenne | 23 |
| 4.2.3 Producción de frutos y semillas | 23 |
| 4.3 Riego | 23 |
| 4.4 Fertilización | 24 |
| 4.5 Poda | 24 |
| 4.6 Control de malezas | 25 |
| 4.7 Cosecha | 25 |
| 4.8 Plagas y enfermedades | 27 |

| | |
|---|-----------|
| 5. USOS DE LA ESPECIE | 30 |
| 5.1 Partes de la planta que pueden ser utilizadas | 30 |
| 5.2 Alimentación humana (Funcionalidad, aportes vitamínicos, calóricos, etc.) | 30 |
| 5.2.1 Producción de hojas | 30 |
| 5.2.2 Producción de frutos | 31 |
| 5.3 Alimentación animal | 31 |
| 5.4 Uso medicinal | 31 |
| 5.5 Producción de aceite | 32 |
| 5.6 Uso como biocombustibles (alcohol y aceites) | 33 |
| 5.7 Uso como purificador de agua en zonas rurales | 33 |
| 5.8 Uso como enmienda orgánica y como fuente de reguladores de crecimiento | 33 |
| 5.9 Uso forestal y agroforestal | 34 |
| 6. PRODUCCIÓN A NIVEL MUNDIAL | 35 |
| 7. POTENCIALIDAD PARA SU CULTIVO EN CHILE | 37 |
| 7.1 Caracterización bioclimática de las zonas de origen y cultivo | 37 |
| 7.2 Perfil bioclimático de la especie | 37 |
| 7.3 Metodología para la zonificación del cultivo en Chile y resultados | 39 |
| 7.3.1 Establecimiento de analogías climáticas | 39 |
| 7.3.2 Cumplimiento de requisitos bioclimáticos mínimos para el crecimiento | 44 |
| 7.4 Síntesis y zonas preferentes para el cultivo de moringa. | 48 |
| 8. ECONOMÍA DE LA PRODUCCIÓN | 49 |
| 8.1 Costos y rentabilidad de la producción a nivel mundial | 49 |
| 8.2 Estimación de los costos en Chile | 51 |
| 9. REFERENCIAS | 55 |

1. INTRODUCCIÓN

Este libro es el resultado de un proyecto que tuvo por objetivo introducir y evaluar una serie de genotipos de Moringa (*Moringa oleífera*), una especie que ha llamado mucho la atención a nivel mundial, por ser una planta que tiene una multiplicidad de usos y que no había sido formalmente evaluada en Chile en cuanto a su adaptación edafoclimática.

Para el desarrollo del proyecto, fue necesario recopilar todos los antecedentes que sobre la especie existieran a nivel mundial. Ello implicó reunir información en cuanto a su origen, taxonomía, morfología, fenología, composición química, bromatológica, funcional y, especialmente, en cuanto a sus requerimientos edafoclimáticos. Adicionalmente, se reunió información en cuanto a su domesticación, cultivo, potenciales usos y su producción a nivel mundial (Figura 1).

Como ya se señaló, el proyecto que origina la presente publicación se tituló "Evaluación de Ecotipos de Moringa en la Región Metropolitana", fue financiado por el Gobierno Regional de la Región Metropolitana a través del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC-R 30110662) y desarrollado por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, bajo la dirección de la Dra. Loreto Prat del Río entre los años 2011 y 2014.

El interés del Gobierno de la Región Metropolitana por evaluar esta especie, se basó en el hecho que en las últimas décadas, han aparecido muchos informes, tanto en revistas científicas como de divulgación, en cuanto a las propiedades nutricionales y medicinales de la especie, tanto para el hombre como para los animales; en cuanto a su utilidad como especie maderera (fuente de leña y carbón vegetal), su utilización para la clarificación del agua, como productora de aceite lubricante, etc., todas características que han inducido a llamar a este árbol como el "árbol milagroso". Algunas de estas características podrían ser muy útiles en algunos de los ecosistemas existentes en la Región Metropolitana de Chile.

El libro que se presenta a continuación recoge, en forma sistematizada y recurriendo a fuentes confiables, toda la información recopilada, agregando los resultados a los que llegó el proyecto en cuanto a las potenciales áreas de cultivo de la especie en Chile y los potenciales riesgos, en cuanto a plagas y enfermedades que la especie tendría en el país.



Figura 1. Ensayos de propagación de moringa, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

La Moringa (*Moringa oleifera* Lam.)

2. CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA ESPECIE

2.1 Origen

La especie es nativa del noroeste de la India donde crece silvestre al sur de los Himalayas en las llamadas provincias unidas de Agra y Oudh y que hoy corresponden a la provincia de Uttar Pradesh y parte de la provincia de Uttarakhand. Allí crece hasta altitudes de 1.000 m.s.n.m, en laderas suaves, aunque preferentemente lo hace en las áreas más bien planas de las cuencas hidrográficas de los ríos, donde crece acompañada de pastizales. Desde estas zonas, que son consideradas su centro de origen, la especie se ha distribuido ampliamente por el resto del Asia, África y América, principalmente en el resto de la India, Egipto, Filipinas, Ceylan, Tailandia, Malasia, Burma, Pakistán, Singapur, Nigeria, Antillas, Bahamas, Cuba y Jamaica. En muchos de estos lugares la especie se ha asilvestrado (Ramachandran, 1980; Odee, 1998)

2.2 Taxonomía

Moringa oleifera Lam. pertenece a la familia *Moringaceae*, que está representada por un solo género (*Moringa*), el que a su vez incluye 13 especies originarias de África y el oeste de Asia (Verdcourt, 1985). *Moringa oleifera* es la especie más cultivada del género. Otras especies de menos utilizadas incluyen a *M. peregrina*, similar a la *M. oleifera* pero con flores rosadas, *M. stenopetala* y *M. drouhardii*. Estas últimas han sido definidas como “árboles botella” por el aspecto grueso del tronco y las raíces hinchadas (Olson y Carlquist, 2001). *M. peregrina*, *M. stenopetala* y *M. drouhardii* serían más tolerantes a la sequía que *Moringa oleifera* (Rajangam et al., 2001; Osman y Abohassan, 2012; Bosh, 2004). *M. oleifera* es una especie diploide cuyo número somático es $2n=28$ (Ramachandran et al., 1980).

2.3 Morfología de la planta, hojas, frutos y semillas

La moringa es un árbol de crecimiento acelerado, perenne o deciduo, que alcanza entre 7 a 12 metros de altura. Tiene una copa abierta y esparcida, ramas inclinadas y frágiles, corteza gruesa, blanquecina, de aspecto corchoso (Parrota, 1993). Alcanza una vida promedio de 20 años (Von Maidell, 1986).

Las hojas están dispuestas en espiral, de 25-45 centímetros de largo, se agrupan en el extremo de las ramas, pecioladas, tripinadas (Ramachandran et al., 1980), las pinas y pínulas son opuestas, los folíolos de 1,2 a 2,0 centímetros de largo y 0,6 a 1,0 cm de ancho. Folíolos laterales son elípticos y los terminales obovados, con margen entero, ápice obtuso, ligeramente pubescentes, verdes y casi sin pelos en el haz, más pálido y glabros en el envés (Parrota, 2009). Presenta glándulas foliares en el ápice del pecíolo y en la mayoría de las articulaciones del raquis (Olson y Fahey, 2011).

Las flores son blanco-amarillentas, fragantes, hermafroditas, de aproximadamente 0,7-1,0 cm de largo y 2,0 cm de ancho (Parrota, 1993), las que se agrupan en panículas terminales o axilares (De Laet et al., 1998). Cáliz ciatiforme, oblicuo, verde, densamente pubescente, con 5 sépalos desiguales en tamaño. Corola con 5 pétalos de color blanco-amarillento, verdoso en la base, con finas venas. Los pétalos son desiguales, los 2 inferiores y los 2 laterales ovados u obovados, pilosos por la cara interior en la base, glabros por la cara externa, el pétalo principal erecto, obovado, piloso por el interior, con hileras longitudinales de pelos en el exterior. Poseen 5 estambres alternados con 5 estaminodios, pilosos en la base. Ovario cilíndrico, con 3 surcos longitudinales, trilocular, con doble fila de óvulos por lóculo. Estilo delgado, curvo, blanquecino, poco pubescente (Ramachandran et al., 1980). Estigmas húmedos, truncados y perforados, con células alargadas de paredes gruesas ordenadas linealmente en masas compactas que forman un borde como estructura en la cabeza del estigma (Battacharya y Mandal, 2004).

Los frutos corresponden a cápsulas alargadas, colgantes, rugosas, usualmente de 20 a 45 cm de largo, a veces hasta 120 cm de largo, con 3 valvas (Ramachandran et al., 1980). Cuando alcanza la madurez las 3 valvas se separan una de otra por su longitud quedando unidas en la base del fruto (Olson y Fahey, 2011).

Las semillas son marrón oscuro, de aproximadamente 1 cm de diámetro, con 3 lados y 3 alas blanquecinas de consistencia papirácea unidas a los ángulos (Parrota, 2009). La epidermis es espesa, bajo esta hay una zona de parénquima de apariencia reticulada, le sigue una región de fibras de hasta 150 micrones de longitud, que contiene cristales. El resto de la testa consta de parénquima similar en estructura de la zona exterior, aunque las células son más largas en sección longitudinal y hay espacios intercelulares más largos. El endospermo consta de una sola capa con gotas de aceite y granos diminutos de aleurona. El parénquima

La Moringa (*Moringa oleifera* Lam.)

de los cotiledones contiene aceites, granos de aleurona y, a veces, grupos de cristales (Ramachandran et al., 1980). Al hidratarse las semillas liberan una película mucilaginoso que permite su flotación y sugiere la dispersión acuática de las mismas.

Las raíz es pivotante, tuberosa, blanca, a menudo con engrosamientos característicos y escasas raíces laterales que presenta un olor picante característico (Parrota, 2009). Los árboles obtenidos de semillas desarrollan una raíz pivotante gruesa y profunda, con un sistema extenso de raíces laterales tuberosas y gruesas, en cambio los árboles obtenidos de estacas no desarrollan raíces pivotantes (Lahjie y Siebert, 1987).



Figura 2. Flores de *Moringa oleifera*, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.



Figura 3. Hojas compuestas de *Moringa oleifera*, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

2.4 Fenología

Existen grandes variaciones en la fenología de acuerdo a la variedad y el sitio en donde crece la planta (Parrota, 1993). La moringa es una especie asociada al bosque tropical deciduo del norte de la India, cuyas especies se caracterizan por botar sus hojas al iniciar la temporada seca, después de la temporada de monzón.

Desai y Patel (2010) estudiaron la fenología de la moringa en el Gujarat (noroeste de la India) determinando la caída de las hojas entre diciembre y enero, la floración de enero a marzo, el desarrollo de nuevas hojas de febrero a abril (traslapado con la floración) y el crecimiento, madurez y senescencia del fruto de abril a enero. Las observaciones coinciden en parte con lo descrito por Ramachandran et al. (1980), quienes señalan que para el norte de la India, la caída de las hojas ocurre entre diciembre y enero, el desarrollo de nuevas hojas entre febrero y marzo, seguido de la floración y el desarrollo de frutos que maduran en verano (junio-julio). Das y Das (2012) estudiaron la fenología de la moringa en jardines de casas en Assam, noreste de India, registrando una caída de hojas de octubre a diciembre, floración de febrero a marzo, traslapada con la brotación de nuevas hojas en marzo, fructificación en abril y maduración de las hojas de abril a octubre.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

En zonas con estación seca menos marcada la fenología varía. En el sur de la India se describen 2 floraciones, que se dan entre los meses de julio a septiembre y marzo a abril (Ramachandran et al., 1980). En Visakhapatnam, al centro-este de la India, Jyothi et al. (1990) describen 2 floraciones, una de febrero a mayo y la siguiente de septiembre a noviembre. Kanthaswami (2006), en Nedungadu (Sur de la India), menciona 2 floraciones: de abril a mayo y de septiembre a octubre. En zonas más cálidas y con precipitaciones más constantes, como en el Caribe, la floración puede ocurrir durante todo el año (Parrota, 1993).

2.5 Composición de las distintas partes de la planta

2.5.1 Composición química

La planta de moringa tiene múltiples partes que son útiles y que presentan características nutricionales relevantes. Las hojas y frutos son valoradas por su alto contenido de minerales y vitaminas. El contenido de minerales y vitaminas para hojas y frutos se presenta en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Composición de minerales y vitaminas de hojas frescas por 100 g de fracción comestible

| | |
|--|-----------|
| Calcio (mg) | 350-550 |
| Potasio (mg) | 200-500 |
| Magnesio (mg) | 80-120 |
| Fósforo (mg) | 50-120 |
| Fierro (mg) | 5-8 |
| Manganeso (mg) | 1,2-2,5 |
| Zinc (mg) | 0,4-0,6 |
| Cobre (mg) | 0,2-0,3 |
| Vitamina C (mg) | 120-200 |
| β -caroteno (μ g eq. Retinol) | 1500-4000 |
| α -tocoferol (mg) | 150-200 |

(Broin y De Saint Sauveur, 2010)

Cuadro 2. Composición de minerales y vitaminas de frutos frescos por 100 g de fracción comestible

| | |
|--|-------|
| Calcio (mg) | 30 |
| Potasio (mg) | 461 |
| Magnesio (mg) | 45 |
| Fósforo (mg) | 50 |
| Fierro (mg) | 0,36 |
| Manganeso (mg) | 0,259 |
| Zinc (mg) | 0,45 |
| Cobre (mg) | 0,084 |
| Vitamina C (mg) | 141 |
| β -caroteno (μ g eq. Retinol) | 22,2* |

(USDA, 2015)

*convertido de UI de vitamina A

2.5.2 Composición bromatológica

El análisis proximal de hojas y frutos se presenta en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Análisis proximal de hojas por 100 gramos de fracción comestible

| | |
|---------------------------|-------|
| Materia seca (g) | 21,34 |
| Energía (Kcal) | 64 |
| Proteínas (g) | 9,4 |
| Grasas (g) | 1,4 |
| Carbohidratos (g) | 8,28 |
| Cenizas (g) | 2,26 |
| Fibra dietética total (g) | 2,0 |

(USDA, 2015)

Cuadro 4. Análisis proximal de frutos por 100 gramos de fracción comestible

| | |
|---------------------------|------|
| Materia seca (g) | 11,8 |
| Energía (Kcal) | 37 |
| Proteínas (g) | 2,1 |
| Grasas (g) | 0,2 |
| Carbohidratos (g) | 8,53 |
| Cenizas (g) | 0,97 |
| Fibra dietética total (g) | 3,2 |

(USDA, 2015)

El contenido de proteínas en las hojas es alto, comparado con otras hortalizas de hoja, además presenta todos los aminoácidos esenciales. La composición aminoacídica de la moringa se muestra en el Cuadro 5, para hojas deshidratadas.

Cuadro 5. Composición amioacídica de hojas deshidratadas (%)

| | |
|-----------------|-------|
| Arginina | 1,78 |
| Histidina | 0,716 |
| Isoleucina | 1,177 |
| Leucina | 1,96 |
| Lisina | 1,637 |
| Metionina | 0,297 |
| Fenilalanina | 1,64 |
| Treonina | 1,357 |
| Triptófano | 0,486 |
| Valina | 1,413 |
| Ácido aspártico | 1,43 |
| Ácido glutámico | 2,53 |
| Serina | 1,087 |
| Glisina | 1,533 |
| Alanina | 3,033 |
| Prolina | 1,203 |
| Tirosina | 2,650 |
| Cisteina | 0,01 |

(Moyo et al., 2011)

2.5.3 Composición funcional

La moringa presenta una gran cantidad y capacidad antioxidante. Estas variables han sido estudiadas con distintos métodos y diferentes matrices o extractos, lo que dificulta la comparación entre estos y con otros alimentos, sin embargo, en general los resultados proponen a la moringa como una excelente fuente de antioxidantes.

El contenido de antioxidantes en hojas maduras y tiernas de moringa fue estudiado por Sreelatha y Padma (2009) obteniendo en hojas maduras un mayor contenido de fenoles totales, 45.81 mg de ácido gálico equivalente (GAE)·g⁻¹ de material vegetal, y mayor contenido de flavonoides totales con 27 mg de quercetina equivalente (QE)·g⁻¹ de material vegetal.

Chaorensin (2014) estudió el contenido de fenoles, flavonoides, y capacidad antioxidante del extracto de hojas moringa en metanol y diclorometano. Los mayores valores se encontraron en el extracto de moringa en metanol, con una capacidad antioxidante, medida como la concentración media inhibitoria (IC₅₀) con el método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), de 1,6 mg de extracto·ml⁻¹ y, con el método del 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico (ABTS), una IC₅₀ de 1.02 mg·ml⁻¹. Para el caso del contenido de total fenoles de el extracto en metanol, se obtuvo 216,45 mg GAE·g⁻¹ de extracto y para el contenido total de flavonoides se obtuvo 65,38 mg QE·g⁻¹ de extracto.

Nambiar et al. (2013) estudiaron la cantidad y capacidad antioxidante de hojas de moringa secadas al horno y al aire, asimismo estudiaron la composición de los antioxidantes a través de cromatografía líquida de alta resolución. Entre los compuestos revelados están el ácido gálico, ácido 3,4 hidroxidobenzoico, ácido clorogénico, ácido p-cumárico, epigallocatequina galato, apigenina, quercetina 3-β-D-glucósido, apigenina 7-O-neohesperidósido y luteolina. Kaempferol y galocatequina fueron encontrados solo en las hojas secadas al aire. Para el caso del contenido total de compuestos fenólicos este fue mayor en hojas secadas al horno con 185.32 mg de GAE·100g⁻¹ de muestra, y la capacidad antioxidante, medida con el método del poder reductor/antioxidante férrico (FRAP) fue mayor en hojas secadas al aire, con 7 mmol de trolox equivalente·g⁻¹ de muestra y un IC₅₀, bajo el método DPPH, de 0,822 mg de muestra·mg⁻¹ de DPPH.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

El perfil lipídico de las semillas de moringa también ha sido sujeto a estudios debido al alto contenido de ácido oleico presente en las semillas. En el Cuadro 7 se muestra el perfil de ácidos grasos de aceite de las semillas.

Cuadro 6. Composición de ácidos grasos de aceite de moringa (% del total de ácidos grasos)

| | |
|-------|------|
| C16:0 | 6,5 |
| C18:0 | 6,0 |
| C18:1 | 72,2 |
| C18:2 | 1,0 |
| C18:3 | * |
| C20:0 | 4,0 |
| C20:1 | 2,0 |
| C22:0 | 7,1 |
| Otro | 1 |

(Rashid et al., 2008) *trazas (<1%) o ausencia del ácido graso

Todos los análisis químicos de la especie están influenciados por las condiciones locales y varietales, lo que hace necesario el estudio de las propiedades nutritivas del árbol para las condiciones de Chile.

2.6 Hábitat (requerimientos edafoclimáticos)

2.6.1 Requerimientos climáticos

2.6.1.1 Temperatura

Referente a los requerimientos de temperatura Muhl et al. (2011) estudiaron el comportamiento de la moringa bajo distintos regímenes de fluctuación de temperatura día-noche: 10/20°C, 15/25°C y 20/30°C encontrando los mayores rendimientos en las plantas expuestas a mayores temperaturas, pero notando también que la planta se adapta a temperaturas más frías, aumentando el grosor de las hojas.

La moringa alcanzaría una óptima producción de hojas y frutos con temperaturas medias diarias de entre 25 y 30°C (Odee, 1998). Reyes (2004) extiende el rango adecuado entre los 24 y 32°C. Paliwal et al. (2011) menciona

que el crecimiento de la planta se reduce significativamente con temperaturas menores a los 20°C. Radovich (2009) sugiere un rango de temperaturas promedio anuales entre 15 y 30°C para el cultivo de la especie, con alta radiación solar y señala su susceptibilidad a las heladas.

2.6.1.2 Precipitaciones

Para la óptima producción de hojas y frutos Odee (1998) sugiere una precipitación anual entre 1000 y 2000 mm. Palada y Chang (2003) mencionan un rango de precipitaciones necesarias para la moringa entre los 250 y 1.500 mm anuales. Baumer (1983) sugiere la precipitación mínima para el cultivo de la moringa entre 300 y 400 mm anuales. Broin y de Saint Sauveur (2010) indican la necesidad de riego en zonas con precipitaciones menores a 800 mm. En Argentina, Falasca y Bernabé (2008) delimitaron el área potencial del cultivo de moringa con un límite hídrico de 500 mm para seco y 300 mm para zonas de riego.

2.6.1.3 Viento

Parrota (1993) menciona la susceptibilidad de la moringa al viento, la que sería mayor en plantas formadas desde estaca (Palada y Chang, 2003).

2.6.2 Requerimientos de Suelo

2.6.2.1 Textura

La moringa requiere suelos con buen drenaje. Se adapta adecuadamente a suelos franco-arenosos a franco (Palada y Chang, 2003). No tolera los períodos prolongados de anegamiento y no se recomienda su cultivo en suelos arcillosos (Broin y De Saint Sauveur, 2010).

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

2.6.2.2 pH y salinidad

La especie se adapta a rangos de pH entre 5 y 9 (Broin y De Saint Sauveur, 2010). Hay estudios que sugieren un cierto rango de tolerancia al estrés salino, en ese sentido, Miranda et al. (2007) evaluaron la producción de materia seca con una solución nutritiva con distintos niveles de NaCl, encontrando tolerancia en las plantas hasta los 60 mol·m⁻³. En un experimento similar Dos Santos et al. (2011) obtienen una caída en la producción de materia seca de plantas regadas con solución salina a partir de una concentración de sales de 50 mol·m⁻³. Finalmente Freire y Miranda (2012) prueban el crecimiento de moringa en suelos con distinta conductividad eléctrica (0,49, 4,15, 6,33 y 10,45 dS·m⁻¹) obteniendo una reducción en la altura del 14 % entre el control (0,49 dS·m⁻¹) y el suelo con 4,15 dS·m⁻¹ y, a su vez, una diferencia de materia seca del 34 %. Para el caso del suelo con mayor conductividad eléctrica (10,45 dS·m⁻¹) la caída en la altura fue del 36% y en términos de materia seca de la parte aérea fue del 86%.

3. DOMESTICACIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO:

La domesticación de las especies ocurrió en el entorno de sus Centro de Origen. En el caso de la Moringa, el Centro de Origen probablemente se encuentre en el noroeste de la India, desde donde la especie se ha distribuido por el mundo hasta ser hoy una especie prácticamente cosmopolita (Odee, 1998). A pesar de haber sido domesticada, su propagación continúa haciéndose, mayoritariamente, por semilla, como si se tratara de una especie forestal. Prácticamente no existen variedades clonales y el mejoramiento genético se ha limitado a la selección de proveniencias o ecotipos cuyas poblaciones muestren una mejor adaptación a las condiciones agroecológicas donde se le cultiva o porque exhiben mejores características en cuanto a rendimiento o en cuanto a su composición química, bromatológica o funcional en los distintos órganos que de ella se utilizan.

Es probablemente en la India donde se han hecho los mayores esfuerzos por desarrollar variedades mejoradas. Allí existen dos tipos de moringa: las que se cultivan como plantas perennes y las que su cultivan como plantas anuales. De estas últimas, hay dos variedades principales, la PKM-1 y la PKM-2, desarrolladas por el Horticultural College and Research Institute en Tamil Nadu, sur de la India, para plantaciones en alta densidad destinadas a la producción de follaje. Además, hay varios ecotipos entre los que se pueden mencionar los siguientes: Jaffna moringa, Chavakacheri murungai, Chemmurungai, Kaadumurungai, Palmurungai, Puna murungai y Kodikkal Murungai (Kumar et al., 2014), todos los cuales se propagan por semilla.

Los frutos de los árboles silvestres son generalmente pequeños, pero las variedades que se cultivan en el sur de la India, conocidas como 'Jaffna' y 'Chavakacheri murunga', dan frutos de 60 a 90 cm y de 90 a 120 cm de largo, respectivamente. La variedad 'Chemmurunga', cuyas vainas tienen el ápice de color rojo, florece todo el año y tiene un muy buen rendimiento. Otras variedades bien conocidas y que también se cultivan en el estado de Tamil Nadu, incluyen la variedad 'Palmurungai', que tiene una pulpa gruesa y sabor amargo; mientras que las variedades 'Punamurungai' y 'Kodikalmurungai', producen vainas de sólo 15 a 23 cm de largo. En otras partes del mundo se cultivan otras variedades y selecciones locales, pero todas provenientes de semilla. Algunas de éstas producen fruto abundante, mientras que otras florecen muy raramente y se cultivan más que todo por su follaje (Ramachandran et al., 1980).

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

La especie es muy diversa, lo que posibilita el establecimiento de programas de mejoramiento genético que tenga como objetivo el mejorar cualquiera de las características de la especie. En una revisión reciente Yadav y Srivastava (2014), concluyeron que todos los marcadores moleculares utilizados (RAPD, AFLP-PCR, ISSR y el Citocromo P450) revelaron una gran diversidad genética entre los cultivares y las accesiones, confirmando que la especie tiene gran potencial para ser mejorada genéticamente. El mismo estudio permitió confirmar que el Centro de Origen de la especie está en la India y que de allí fue llevada al África, donde se asilvestró.

La Moringa es, básicamente, una especie de polinización cruzada, por lo que es altamente heterocigota y posee una gran diversidad genética. Sin embargo, Muluvi, et al. (2004), utilizando AFLP, determinó que la especie puede tener hasta un 28% de autopolinización, lo que posibilitaría la obtención de líneas puras que podría servir para la obtención de híbridos F1.

Estudios citológicos en Moringa indican que el tamaño del genoma es $2c$ y con $1,2 \text{ pg}$ (Ohri and Kumar (1986). Se trata, por lo tanto, de una especie diploide con un total de 28 cromosomas (Ramachandran et al., 1980).

Los granos de polen son esféricas con exina lisa y tres poros. El estigma es receptivo un día antes de la apertura de la flor y continuado con buena receptividad por varios días (Kumar et al., 2014).

4. CULTIVO DE LA ESPECIE

4.1 Métodos de propagación (semillas, estacas y micropropagación)

Los principales métodos de propagación de la moringa son a través de semillas y estacas. Las semillas no presentan dormancia y pueden ser sembradas después de ser cosechadas (Prabhakar y Hebbar, 2008). La cantidad de semillas por kilogramo es variable. Parrota (1993) registra entre 3080 y 3230 semillas por kilogramo mientras Broin y de Saint Sauveur (2010) mencionan 4000 semillas en un kilogramo. El índice de germinación de las semillas es alto, en Venezuela, Medina et al. (2007) obtuvieron un porcentaje de germinación del 100% en vivero, a su vez, Broin y De Saint Sauveur (2010) mencionan un porcentaje de germinación del 85% de las semillas sembradas directamente en el suelo, en huertos de agricultores de Togo, sin embargo, aunque presentan un alto porcentaje de germinación, estas disminuyen rápidamente su viabilidad con el tiempo. Al respecto, Madinur (2007) obtiene una caída en el porcentaje de germinación de 89,5% a 58% al primer año de almacenamiento. Bezerra et al. (2004) obtienen una caída en el porcentaje de germinación del 84%, en el primer mes, al 19 % en el doceavo mes, en condiciones no controladas, y una caída del 85% al 75% de germinación al mes 24, bajo condiciones controladas (10°C y 55% de humedad relativa). En cuanto a las condiciones de almacenamiento Moravec et al. (2008) recomiendan conservar las semillas en un ambiente con 20 a 55% de humedad relativa y temperatura controlada, de modo de mantener las semillas con un contenido de humedad del 3 al 7%. Algunos tratamientos que permiten conservar la viabilidad de las semillas de una a otra temporada son el uso de Captan, la pasta de ajo y oxiclورو de calcio (Madinur, 2007).

Para mejorar la germinación de las semillas de moringa y el vigor de las plántulas se han estudiado varios tratamientos. Pérez et al. (2010) evaluaron la escarificación manual de las semillas encontrando una mayor tasa de germinación y velocidad de crecimiento. La pre germinación (*priming*) también ha resultado ser un buen tratamiento para mejorar la germinación y desarrollo de las plántulas. Por otra parte, en Camerún Pamo et al. (2004) resolvieron que el remojo de semillas enteras por 12 horas maximiza su germinación y Nouman et al. (2012) encontraron una mejora en la emergencia y en el vigor de las plántulas con un remojo de las semillas de 8 horas. Dos Santos et al. (2011) obtienen los promedios más altos para el vigor de las semillas con un tratamiento de

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

inmersión de 24 horas y mencionan que la inmersión de las semillas podría mejorar el establecimiento de las plántulas en condiciones de estrés salino.

Con relación a la plantación, la semilla se puede sembrar directamente o se puede formar la planta en vivero antes del establecimiento definitivo. En el caso de cultivar la planta en vivero Palada y Chang (2003) recomiendan el uso de bandejas alveoladas de 4 a 3 centímetros de diámetro y profundas, con una mezcla de 2 partes de turba y 1 de vermiculita y mantenerlas con 50% de sombra por un mes antes del trasplante. Ambos autores mencionan también la alternativa de usar bolsas o contenedores y trasplantar cuando la planta alcance los 50 centímetros. Broin y De Saint Sauveur (2010) mencionan el cultivo en bolsas 4 a 6 semanas antes del trasplante, cuando la planta alcanza los 30 centímetros.

Para el caso de la propagación vegetativa esta se realiza a través de estacas leñosas. Rajangam et al. (2001) menciona el uso de estacas de 100 a 150 centímetros de largo y 14 a 16 centímetros de diámetro, sin aplicación de producto enraizante. Broin y De Saint Sauveur (2010) indica el uso de estacas de 1 metro y al menos 5 centímetros de diámetro. Palada y Chang (2003) recomiendan el uso de estacas de 45 a 100 centímetros y 4 a 16 centímetros de diámetro, las que pueden ser secadas por 3 días bajo sombra antes de ser plantadas. Las estacas, al igual que las semillas, pueden ser plantadas directamente o pasar antes por bolsas en vivero o sombreadero. Las plantas producidas desde estaca, a diferencia de las plantas de semilla, no presentan raíz pivotante (Lahjie et al., 1987) crecen más rápido pero son más susceptibles al daño por viento (Palada y Chang, 2003) y a la sequía (Broin y De Saint Sauveur, 2010).

La micropropagación también se ha estudiado como alternativa en moringa, para obtener un alto número de plantas en poco tiempo. Riyathong et al. (2010) a partir de explantes de tallo en medio Murashige y Skoog (MS) con $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de benziladenina (BA), obtuvieron una media 10,8 brotes por explante, luego los brotes obtenidos fueron inducidos a la producción de callo usando $0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de ácido 2,4-dichlorofenoxiacético, finalmente desde el cultivo de callo se obtuvo tallos y raíces en un medio suplementado con $0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de ácido naftalenacético (NAA). Saini et al. (2012) a partir de explantes de nudos de plántulas obtuvieron una media de 9 brotes por explante en medio MS con $4,4 \mu\text{M}$ de BA, luego las secciones de nudo con brotes axilares enraizaron en un medio con $2,8 \mu\text{M}$ de

ácido indolacético más 4,92 μM de ácido indolbutírico. Devendra et al. (2012) investigaron la embriogénesis somática a partir de explantes de embriones cigóticos, que se indujeron a partir de callo en un medio MS con 10,75 μM de NAA, luego, con 5,37 μM de NAA y 9,29 μM de kinetina, se indujo la producción de preembriones. Finalmente se obtuvo el mayor desarrollo de embriones (17,3 por gramo de callo) en un medio MS con 13,31 μM BA y 3% de sacarosa. Steinitz et al. (2009) desarrollaron una técnica sin uso de reguladores de crecimiento, estimulando el rebrote desde el nudo cotidelonar de plántulas decapitadas, seguido del subcultivo de segmentos nodales para la formación de nuevos brotes axilares y finalmente el enraizamiento de los nuevos brotes.



Figura 4. Semillas de moringa oleífera.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)



Figura 5. Plántulas de moringa, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.



Figura 6. Plántula de moringa, Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile.

4.2 Sistemas de plantación según destino de la producción

La producción de hojas es uno de los principales usos de la moringa, tanto para consumo animal como humano. En términos generales la producción de hojas varía en función de la intensidad de la explotación, usándose, para producción intensiva variedades que se manejan como un cultivo anual o por pocos años. En explotaciones menos intensivas se maneja el cultivo de forma perenne.

4.2.1 Producción intensiva de hojas

En la producción intensiva de hojas de moringa se siembran las semillas directamente en el campo. La preparación del suelo debe contemplar arado y rastra hasta 30 centímetros de profundidad (Broin y De Saint Sauveur, 2010). Se usan principalmente variedades adaptadas para el cultivo anual, siendo la variedad *Periyakulam 1* la más importante para este fin. También, eventualmente, se puede tratar el cultivo de forma perenne con sucesivos cortes en el año. Se han probado distintas densidades de plantación. Broin y De Saint Sauveur (2010) mencionan marcos de plantación de 15 x 15 centímetros ó 20 x 10 centímetros, sembrando la semilla a 2 centímetros de profundidad. Palada y Chang (2003) recomiendan marcos de 10 a 20 centímetros sobre hilera y 30 a 50 centímetros entre hilera. Foidl et al. (1999) probaron distintas densidades obteniendo el mejor resultado con 1.000.000 de plantas por hectárea, valor sobre el cual aumentan los rendimientos pero también las pérdidas de hojas por corte y la competencia entre las plantas. Amaglo et al. (2006) considera óptimo un marco de 5 x 15 centímetros.

Los rendimientos bajo este sistema de producción son altos. En Nicaragua, Foidl et al. (2001) obtienen 13,26 toneladas de materia seca por hectárea en el primer corte, con 1.000.000 de plantas por hectárea. En Ghana, Amaglo et al. (2006), con 1,33 millones de plantas por hectárea, obtienen 11,71 toneladas de materia seca a los 60 días desde la siembra, luego recomienda sucesivos cortes cada 35 días. Explotaciones así de intensivas requieren altos aportes de nutrientes y agua.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

4.2.2 Producción de hojas en cultivo perenne

En cultivos menos intensivos la moringa se maneja como árbol, perenne, a manera de monocultivo o asociado a otras especies en sistemas agroforestales. Para estos casos lo más común es la plantación de los árboles a través de estacas o plantas desde invernadero. Los marcos de plantación varían entre 0,5 x 0,5 a 1 x 1 metros (Broin y De Saint Sauveur, 2010).

4.2.3 Producción de frutos y semillas

En la producción de frutos y semillas, el cultivo de moringa es perenne, la formación del árbol es similar a la usada para la producción de hojas pero los marcos de plantación son mayores.

Broin y De Saint Sauveur (2010) recomiendan una separación de al menos 2,5 metros entre los árboles y un marco ideal de plantación de 3 x 3 metros. Los frutos generalmente se producen desde el segundo año de plantación (Palada y Chang, 2003) aunque los árboles plantados a partir de estaca son más precoces (Ramachandran et al., 1980). Los rendimientos son variables, Ramachandran et al. (1980) mencionan un rendimiento de 600 frutos por árbol desde el tercer año. Resmi et al. (2005) encuentran una variación entre 174 a 612 frutos por árbol al año con un promedio de 326 en Kerala (India). Según Radovich (2011) en India se alcanzan un rendimiento de 19 kg por árbol, equivalente a cerca de 31.000 kg por hectárea con un marco de 2,5 x 2,5 metros, con 230 frutos por árbol de entre 80 y 90g cada uno.

4.3 Riego

La mayoría de la superficie plantada de moringa se encuentra en zonas tropicales o subtropicales en condición de secano, por lo que los parámetros de riego para la moringa no han sido definidos. La moringa requiere riego en zonas donde no se cumplen los requerimientos de precipitaciones que permitan una óptima producción de hojas o frutos. Falasca y Bernabé (2009) proponen los 500 mm anuales como límite hídrico bajo el cual se debería aportar riego. Broin y De Saint Sauveur (2010) mencionan la necesidad de regar desde el límite de 800 mm

anuales. El estrés hídrico se manifiesta en una fuerte caída de hojas (Pérez et al., 2010).

4.4 Fertilización

La fertilización puede ser química u orgánica y está en función de la intensidad del cultivo y del suministro de nutrientes del suelo. En la producción intensiva de hojas los requerimientos de fertilizante son altos. En Nicaragua Mendieta-Araica (2011) evaluaron distintas dosis de nitrógeno y densidad de plantas para la producción intensiva de hojas obteniendo la mejor producción con 521 kg de nitrógeno por hectárea al año. También en Nicaragua, Reyes (2004) recomienda la aplicación de 70 quintales por hectárea de estiércol al momento de la preparación del suelo. Para el caso de los árboles se pueden agregar 300 gramos de fertilizante nitrogenado, enterrados alrededor del árbol, o 1 a 2 kg de estiércol maduro por árbol al momento de la plantación (Palada y Chang, 2003). En India Suthanrapandian et al. (1989) recomiendan la aplicación de 44:16:30 g de NPK por árbol al momento del despunte y 44 g de nitrógeno en la primera floración.

4.5 Poda

La poda del árbol de moringa es una práctica fundamental en la producción de hojas y frutos en un sistema perenne. El árbol de moringa presenta una fuerte acrotonía y dominancia del brote principal, por lo que las podas intensivas son imprescindibles para controlar el crecimiento y facilitar el manejo. Broin y De Saint Sauveur (2010) recomiendan despuntar el ápice del tallo cuando este está tierno, cuando el árbol alcanza una altura de 50 centímetros a 1 metro, para inducir el desarrollo de brotes laterales que a su vez también pueden ser despuntados en sus ápices terminales. Palada y Chang (2003) recomiendan podar el brote principal cuando este alcanza entre 1 y 2 metros. Las podas sucesivas se pueden hacer durante la cosecha de hojas, rebajando el árbol a la altura deseada, justo sobre un nudo (Broin y De Saint Sauveur, 2010).

4.6 Control de malezas

Para el caso de la producción intensiva de de hojas el control temprano de malezas es crítico, luego del cual las malezas dejan de ser un problema serio (Amaglo, 2006), debido al rápido crecimiento de la moringa que suprimiría el crecimiento de otras malezas. Para el caso del cultivo perenne las malezas se pueden controlar manualmente, especialmente en árboles jóvenes (Broin y De Saint Sauveur, 2010) y se puede utilizar un mulch de plástico o paja para evitar el crecimiento de malezas (Palada y Chang, 2003).

4.7 Cosecha

La cosecha en la producción intensiva de hojas puede ser mecánica o manual. La época de cosecha y la frecuencia de corte dependerán de las condiciones e intensidad de la explotación. Amaglo (2006) propone la cosecha de las plantas cuando alcanzan entre 1.5 y 2 metros de altura, cortándolas a una altura entre 20 y 45 centímetros, y con subsiguientes cortes cada 30-45 días. Reyes (2006) propone cortes sucesivos cada 75 días.

Para evitar la deshidratación de las hojas se recomienda cosechar en las primeras horas de la mañana, especialmente si las hojas son para consumo como verdura. Para el caso de producción de polvo de hojas se pueden usar hojas más viejas (Palada y Chang, 2003) y no sería un problema la deshidratación de las hojas.

Para la producción de frutos y semillas la cosecha es manual. La principal diferencia entre la producción de frutos y semillas tiene relación con la época de cosecha para cada caso. Los frutos se cosechan tiernos, verdes (para consumo como verdura), aunque frutos más maduros y fibrosos aun se pueden consumir como verdura, ya que la pulpa y las semillas están inmaduras (Palada y Chang, 2003). Para el caso de la producción de semillas se cosechan los frutos café y secos, antes de que se abran y caigan las semillas al suelo (Palada y Chang, 2003). Los frutos deben abrirse fácilmente y las semillas deben almacenarse en un lugar seco (Broin y De Saint Sauveur, 2010).



Figura 7. Plantas de moringa listas para trasplante.



Figura 8. Rebrote de moringa después de una poda.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

4.8 Plagas y enfermedades

El cultivo de moringa es afectado por una serie de plagas y enfermedades en las distintas zonas donde se cultiva, sin embargo existen algunas más relevantes y comunes.

Las larvas de *Lepidoptera* son plagas que se repiten en varios países productores. *Eupterote mollifera* causa defoliación en el árbol de moringa en India (Prabhakar y Hebbar, 2008). Otras larvas presentes en India son *Noorda moringae*, *Noorda blitealis* y *Indarbela tetraonis que se alimenta de la corteza del árbol* (Jahn, 1989). Alfaro y Martínez (2008) reportan ataques de larvas del genero *Pieris* en Guatemala. En México, Pérez et al. (2010) mencionan el daño de las larvas de *Heliothis zea*, *Estigmene acrea* y *Trichoplusi ni*. En Nigeria Yusuf y Yusif (2014) registran el ataque severo de larvas de *Ulopeza phaeothoracica*. Para el control de larvas de lepidóptera Broin y De Saint Sauveur (2010) recomiendan el uso de piretroides o, como alternativa orgánica, compuestos a base de *Bacillus thuringiensis*.

Las moscas de la fruta son plagas importantes en India, especialmente en la producción de frutos y semillas. Moscas del género *Gitona* afectan el desarrollo de la cápsula y por lo tanto su comercialización (Prabhakar y Hebbar, 2008).

En Centroamérica himenópteros del género *Atta* afectan el cultivo causando defoliación. Estas hormigas están presentes en la moringa en México (Pérez et al., 2010), Nicaragua (Reyes, 2004) y Guatemala (Alfaro y Martínez, 2008).

Las termitas son un problema relevante en varias zonas de Africa. Broin y De Saint Sauveur (2010) no recomiendan el cultivo en suelos infestados con termitas debido a la destrucción de brotes.

Emongor (2011) menciona el daño, en plantas pequeñas, de curculiónidos como *Myllocerus discolor*, *Myllocerus tenuiclavis* y *Myllocerus viridanus*.

En cuanto a las enfermedades, las más relevantes son fungosas y relacionadas con el exceso de agua en el suelo. *Diplodia sp.* puede causar pudrición de las raíces si se dan condiciones de anegamiento (Palada y Chang, 2003), lo mismo puede ocurrir con ataques de *Phytophthora sp.* (Pérez et al., 2010). Otras patógenos que afectan a la moringa son *Cercospora sp.*, *Septoria lycopersici*, *Alternaria solani* (Broin y De Saint Sauveur, 2010) *Puccinia moringae* y *Oidium sp.* (Emongor, 2011).

Finalmente es importante resguardar el cultivo de mamíferos como cabras y ovejas que se alimentan de las hojas y los frutos (Palada y Chang, 2003).

De las plagas que afectan el cultivo, los lepidópteros del género *Pieris*, *Heliothis zea* y *Trichoplusia ni* están presentes en el territorio nacional y podrían ser de atención, lo mismo ocurre con los patógenos *Alternaria solani*, *Phytophthora sp.*, *Diplodia sp.*, *Cercospora* y *Oidium sp.*

En el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile se registró el ataque de araña bimaclada (*Tetranychus urticae*) que fue controlada por el depredador *Neoseiulus californicus* y aceite mineral. También se registró el daño de larvas de díptero minadoras.



Figura 9. Daño de araña bimaclada en brote de moringa.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)



Figura 10. Daño y presencia de araña bimaclada sobre hojas moringa.

5. USOS DE LA ESPECIE

5.1 Partes de la planta que pueden ser utilizadas

Prácticamente todas las partes de la planta pueden ser utilizadas. Para la alimentación humana se utilizan los frutos, raíces (como condimento) y hojas, que además son utilizadas como fuente de forraje. Las flores son sustrato para la producción de miel y tienen usos medicinales. Las semillas contienen de aceite y son utilizadas para purificar aguas. El tronco es fuente de pulpa y los taninos de la corteza sirven para curtir pieles.

5.2 Alimentación humana (Funcionalidad, aportes vitamínicos, calóricos, etc.)

5.2.1 Producción de hojas

Uno de los principales usos que se le da a la moringa es la producción de hojas. Estas se consumen como verdura, cocidas, fritas, en sopas o para sazonar. El polvo seco de hojas se puede añadir a cualquier tipo de comida como un suplemento nutricional (Broin y De Saint Sauveur, 2010). El consumo de hojas se explica por su alto valor nutritivo y su potencial uso como alimento funcional. Las hojas aportan 64 kcal por 100 g de hoja fresca (USDA, 2015) y son ricas en vitamina C y beta caroteno. El contenido proteico de las hojas ha sido determinado por varios investigadores encontrando valores que fluctúan entre un 6,7 % de fracción comestible fresca (Ramachandran et al., 1980) a 9,4, % (USDA, 2015), valores altos comparado con otras verduras de hoja como la lechuga, con un 1,36 % de proteínas o la espinaca, con un 2,86% (USDA, 2015). Además Sanchinelli (2004) menciona la presencia de 8 aminoácidos esenciales mientras Moyo, et al. (2011) registran la presencia de 10 aminoácidos esenciales.

Debido a las propiedades nutricionales de las hojas, estas se han utilizado en programas para combatir la desnutrición en Senegal, Tanzania, Burkina Faso, Uganda (Fuglie, 2011; Anna, 2010; Zongo et al., 2013; Jilcott et al., 2010) entre otros países de África.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

5.2.2 Producción de frutos

El fruto de la moringa corresponde a una cápsula alargada, similar a la vaina de las leguminosas. Se consumen cocidas o curtidas (Parrota, 1993) particularmente en la India, desde donde se exporta también a países con población expatriada. Los frutos tienen sabor a espárrago (Parrota, 2009) aunque varían en dulzor y amargor según la variedad.

5.3 Alimentación animal

Las hojas se pueden utilizar en la alimentación animal. La importancia del uso de moringa como forraje se debe a sus buenas características nutricionales y a su alto rendimiento de producción de biomasa fresca (Foidl et al., 1999). La energía metabolizable en las hojas es de $9,5 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ de MS mientras los niveles de factores antinutricionales, como taninos y saponinas, son mínimos y no se han encontrado inhibidores de tripsina ni de lectina (Foidl et al., 1999). Es por esto que se ha probado el efecto positivo del uso de la moringa, como inclusión en las raciones, en bovinos de carne (Castellon y González, 1996), vacas lecheras (Reyes, 2006) y cabras (Aregheore, 2002).

5.4 Uso medicinal

La moringa ha sido utilizada en los sistemas de medicina tradicionales de la India Ayurveda, Unani y Siddha (Rajangam et al., 2001). Las hojas, corteza, raíces, semillas y frutos tienen propiedades medicinales (Broin y De Saint Sauveur, 2010). Si bien existe vasta extensa tradición y testimonios referidos a los beneficios de la planta, estos han recibido poco interés científico, del mismo modo, muchas investigaciones sobre las propiedades de la moringa en seres humanos no cuentan con evidencia apoyada en pruebas clínicas aleatorizadas y controladas con placebo (Olson y Fahey, 2011). Entre los beneficios que tendría la moringa para la salud humana se ha investigado la acción anti cancerígena antiinflamatoria y antimicrobiana entre otras. Sathya et al. (2010), evaluaron positivamente el efecto quimio protector del extracto de moringa en ratones con daño celular inducido con ciclofosfamida. Paliwal et al. (2011), verificaron disminución del daño oxidativo en ratones con daño nefrotóxico inducido. Con respecto a las propiedades antiistaminicas y antiinflamatorias Mahajan y Mehta

(2011) evaluaron la eficiencia de β -sitosterol, asilado del extracto de butanol de semillas de moringa, contra la inflamación respiratoria inducida en cerdos, encontrando un aumento en el volumen corriente y disminución en la tasa respiratoria en los cerdos tratados con β -sitosterol, lo que sugiere un potencial terapéutico para el tratamiento del asma. En la misma línea Usman y Barhate (2012), usando el modelo del edema plantar inducido por carragenina en ratón, encontraron una significativa actividad antiinflamatoria del extracto de etanol de semillas de moringa, con una inhibición del edema del 52,7%, a una concentración de 300 mg/kg a las 3 horas desde la inducción inflamatoria, respecto al grupo control. La moringa también presentaría acción anticolinérgica según lo expuesto por Ijioma et al. (2014) quienes encontraron una inhibición significativa en la motilidad intestinal en ratas tratadas con extracto etílico de hojas de moringa. Referente a las propiedades antimicrobianas de la moringa, la semilla contiene péptidos con acción bactericida (Suarez et al., 2003). Fisch (2004) comprobó el efecto bactericida del péptido "Flo" de la moringa, y lo utilizó para la síntesis de fragmentos de péptidos más eficientes en su acción. Murugan et al. (2007) estudiaron el efecto de antimicrobial del extracto de hoja sobre los dermatófitos *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Epidermophyton floccosum* y *Microsporum canis*. La acción antimicrobiana de la estaría relacionada con la acción de moléculas del grupo de los glucosinolatos y isotiocianatos, algunas de las cuales están presentes en la moringa (Fahey, 2005) y otras especies del orden *Rhoedales*.

5.5 Producción de aceite

Las semillas de moringa contienen aceite de buena calidad para el consumo humano o uso industrial. La semilla tiene un contenido de aceite del 30 a 40% de su peso (Fahey, 2005). La composición del aceite ha sido estudiada por Tsaknis y Lalas (2001) en semillas de la variedad *Periyakulam 1*, encontrando altos niveles de ácidos grasos insaturados, especialmente ácido oleico (sobre 71 %). Lo que también se indicó en el estudio Anwar et al. (2006). A pesar que no existen estudios organolépticos del aceite de moringa, sus propiedades lo podrían posicionar como posible sustituto del aceite de oliva.

5.6 Uso como biocombustibles (alcohol y aceites)

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

A pesar de ser una especie de rápido crecimiento y alta producción de biomasa no se ha desarrollado la producción de bioetanol con la moringa. Para el caso del biodiesel se ha estudiado el uso del aceite de las semillas. Rashid et al. (2008) evaluaron positivamente las semillas de moringa como fuente de biodiesel destacando el alto índice de cetano, de 67, que daría un combustible de buena calidad. Mohibbe Azam et al. (2005) obtienen un índice de cetano de 56,6.

5.7 Uso como purificador de agua en zonas rurales

Las semillas de moringa pueden ser utilizadas para purificar aguas, especialmente en países con problemas de potabilización y acceso al recurso. El polvo de las semillas trituradas contiene proteínas solubles en agua con carga neta positiva (Folkard y Sutherland, 1996) lo que permite llevar a cabo el proceso de coagulación en el tratamiento del agua. Las proteínas de la semilla de la moringa presentan una capacidad de coagulación similar al sulfato de aluminio, con una serie de ventajas como son: menor costo, no se afecta el pH del agua y el lodo producido es biodegradable (Ghebremichael, 2004)

Además de la acción coagulante, los péptidos de las semillas presentan acción bactericida (Suarez et al., 2003)

5.8 Uso como enmienda orgánica y como fuente de reguladores de crecimiento

La moringa tiene propiedades que mejoran las condiciones del suelo y el crecimiento de otros vegetales. En Nigeria Emmanuel et al. (2011) probaron el extracto de semillas trituradas de moringa como fertilizante, encontrando una mejora en las condiciones del suelo y el rendimiento en maíz. En Pakistan Yasmeen et al. (2012) utilizaron extracto de hojas de moringa sobre trigo tardío para retrasar la maduración del trigo, aumentando los rendimientos. En Zibawe (Culver et al., 2012) evaluaron el extracto de hojas de moringa sobre el rendimiento de canola y repollo encontrando aumento en la materia seca y altura de la planta en ambos cultivos.

5.9 Uso forestal y agroforestal

El interés forestal en la moringa oleífera radica en su uso como fuente de pulpa de celulosa, aunque su uso es menor. En India Dashmana y Madan (1990) prepararon pasta de celulosa de moringa a través del proceso Kraft obteniendo pasta con propiedades y rendimientos similares a los obtenidos a partir de materias prima convencionales. También Mahajan y Dharma (1984) estudiaron la moringa como fuente de pulpa para disolver usada en la producción de rayón.

En la agroforestería, como sistema que integra especies perennes con otras especies vegetales y /o animales en la misma unidad de manejo, la moringa ha sido utilizada junto cultivos entre hileras. La moringa puede ser utilizada con plantas menos tolerantes a la radiación. Según Emongor et al. (2011) la moringa es adecuada para su uso en cultivos aliados por cuanto su sombra puede ser controlada. Amaglo (2006) recomienda el intercultivo de moringa con hortalizas de hojas y leguminosas. Se ha probado el efecto de la moringa con cultivos entre hileras de canola en Zimbawe (Chandiposha, 2007) y con plantas medicinales y aromáticas en Islas Virgenes (Palada et al., 2005). Otros cultivos que se han integrado con moringa son la yuca, calabaza (Radovich, 2011) cereales, hibisco y hortalizas (Gramatie, 2001).

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

6. PANORÁMICA DE LA PRODUCCION MUNDIAL Y MERCADOS

La producción de moringa a nivel mundial es difícil de establecer debido a que las explotaciones comerciales son recientes (últimos 15 años) y el cultivo se ha hecho tradicionalmente en huertos caseros, de manera informal y, en muchos casos, para el autoconsumo.

India es el mayor productor de moringa con una producción anual de 1,1 a 1,3 millones de toneladas de frutos, en una superficie de 38.000 hectáreas. Los principales estados productores son Andhra Pradesh, con 15.665 hectáreas; seguido por Karnataka, con 10.280 hectáreas y Tamil Nadu, con 7.408 hectáreas. En el resto de los Estados se cultivan sólo unas 4.613 hectáreas (Rajangam et al., 2001). Los huertos en India están orientados a la producción de frutos que se destina a la elaboración de comidas tradicionales.

En África la moringa se introdujo para ser usada principalmente como árbol ornamental y, ocasionalmente, con fines medicinales o alimenticios. A partir de la década de los 80 se ha impulsado el desarrollo del cultivo para la producción de hojas tanto para el autoconsumo como para la venta, generalmente sin certificaciones ni protocolos de inocuidad (Broin y De Saint Sauveur, 2010). En los últimos años se ha desarrollado el mercado de moringa en la región sudano-saheliana en países como Mauritania, Mali, Nigeria, Niger, Ghana y Benin (De Saint Sauveur, 2005). En otros países de la región como Camerún o Senegal el mercado de moringa es aún muy incipiente y la producción se destina mayoritariamente al autoconsumo. El desarrollo de mercados es menor en los países del sur de África. Kwaambwa et al. (2012) prospectaron mercados y usos de la moringa en Zambia, Botswana, Zimbawe, Sudáfrica y Namibia, encontrando comercio de polvo de hojas en los primeros cuatro países. Actualmente, junto al desarrollo de los mercados, han prosperado iniciativas tendientes a mejorar los estándares de producción, logrando en algunos casos exportar moringa en polvo principalmente a Europa, donde sólo se registra producción comercial en España. En África también existe el desarrollo incipiente del cultivo de *Moringa stenopetala* en Etiopia (Mekonnen, 2005) de donde es nativa:

En América la moringa se introdujo primeramente en Centroamérica, pero luego se introdujo en los Estados Unidos, país que ha liderado el desarrollo comercial del cultivo, principalmente en los estados de Hawái y Florida, donde éste se

orienta a la producción de suplementos alimenticios, en formato de polvo de hoja, cápsulas o como bebidas, siendo la marca ZIJA la principal bebida con características funcionales a base de moringa. En América Latina el desarrollo ha estado orientado principalmente al uso de la moringa como forraje, e impulsado por programas de fomento gubernamentales. Destacan en la producción Cuba, con más de 200 hectáreas (Cubadebate, 2012); Venezuela, con 285 hectáreas (Berroteran, 2015); Perú con 20 hectáreas y con más de 180 proyectadas (Agraria, 2013; Info región, 2014); Bolivia, con 100 hectáreas (La Estrella de Oriente, 2015) y Paraguay, con 100 hectáreas (ABC digital, 2013), estas últimas orientadas principalmente a la exportación de hojas.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

7. POTENCIALIDAD DEL CULTIVO EN CHILE

7.1 Caracterización bioclimática de las zonas de origen y cultivo

La moringa es originaria del norte de la India en una franja que se extiende por el sur de los Himalayas desde el noroeste de la india, cerca de Pakistan, hasta Bengala occidental. Esta zona corresponde principalmente en la clasificación Kopeen a un clima Cwa (Kottek et al., 2006), clima subtropical con estación seca. El cultivo se ha extendido a zonas tropicales del centro sur de India, siendo el estado de Andhra Pradesh la principal zona productora del país (Rajangam et al., 2001). En el resto del mundo la moringa ha sido introducida en zonas tropicales, subtropicales y en el último tiempo a zonas semiáridas.

7.2 Perfil bioclimático de la especie

Según lo expuesto en los capítulos anteriores, la moringa crece en zonas con alta temperatura y alta precipitación, de preferencia con alta humedad y alta radiación. No tolera heladas, aunque Price (1985) menciona el rebrote de la planta afectada por estos eventos, lo que sugiere cierta tolerancia a heladas suaves ($T > -2^{\circ}\text{C}$). La plasticidad de la especie queda manifiesta en cuanto a los registros de presencia de moringa en climas con variables regímenes de precipitación de entre 250 a 2000 mm anuales (Palada y Chang, 2003; Odee, 1988).

Las especies subtropicales se enfrentan normalmente a dos condiciones mayores para permanecer con éxito en un lugar: sobrevivir al invierno y tener las condiciones para luego fructificar. La figura 1 resume los requisitos asociados a estas dos condiciones para el cultivo de moringa.

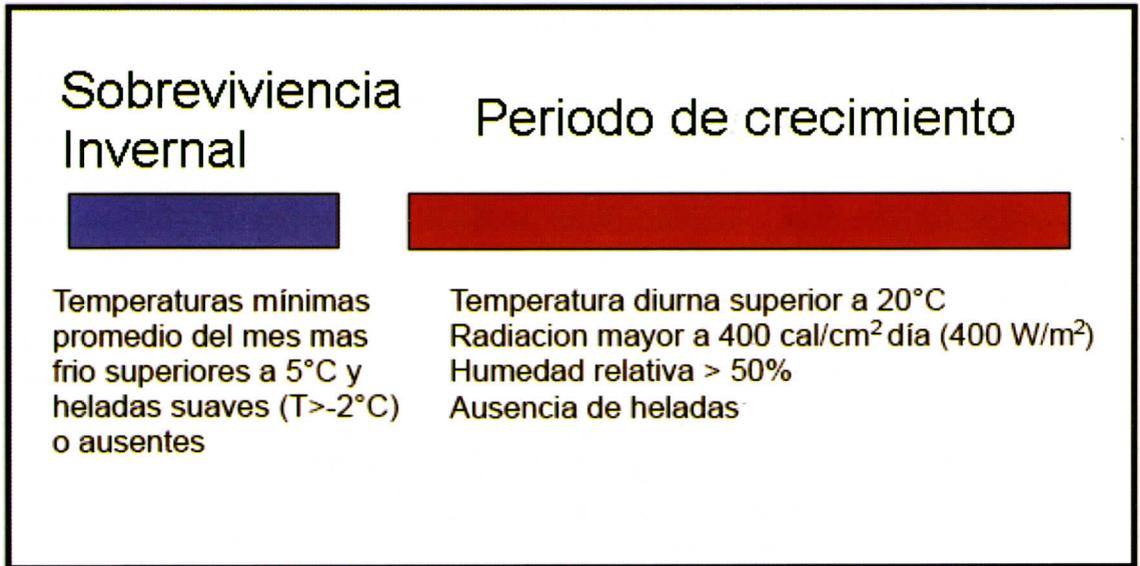


Figura 11. Requisitos bioclimáticos asociados al éxito del cultivo de la Moringa.

7.3 Metodología para una zonificación del cultivo en Chile y resultados

Para establecer la potencialidad del cultivo de moringa en Chile se utilizó una grilla geográfica, asociada a una base de datos climáticos del centro AGRIMED de la Universidad de Chile, de modo que es posible calcular cualquier condición bioclimática en cada punto de esta. La potencialidad de producción se estableció usando dos procedimientos. El primero consistió en hacer analogías bioclimáticas entre localidades extranjeras donde se cultiva con éxito la moringa y cada punto de la grilla en el territorio nacional. El segundo consistió en establecer los requisitos bioclimáticos mínimos de la especie, para luego buscar los puntos de la grilla se cumplen dichos requisitos. Este último procedimiento es menos excluyente que el primero.

7.3.1 Establecimiento de analogías climáticas

Para establecer las analogías entre localidades extranjeras y chilenas se utilizaron 5 variables bioclimáticas: temperatura máxima del mes más cálido, temperatura mínima del mes más frío, días grado anuales, humedad relativa y número de heladas. Se comparó cada punto de la grilla chilena con el valor de estas variables en cada localidad extranjera seleccionada. La comparación fue estandarizada usando intervalos de tolerancia para cada variable. Para las temperaturas se tomó una tolerancia de 2°C, para los Días Grado 300 unidades y para las heladas una tolerancia de 5 eventos. Las diferencias entre las localidades extranjeras y chilenas se midieron en términos del número de veces que diferían usando como unidad estas tolerancias. Es decir, para cada localidad y variable se estableció la proximidad usando la siguiente relación:

$$\text{Proximidad} = \frac{(Ve - Vch)}{\text{Tolerancia}}$$

Donde:

Ve es el valor de la variable en la localidad extranjera.

Vch es el valor de la misma variable en la localidad chilena.

Tolerancia es el intervalo unitario para cada variable.

| Variable | Tmax | Tmin | Dgrado | Heladas |
|----------|------|------|------------|---------|
| Unidad | °C | °C | días-grado | número |

| | | | | |
|-------------|---|---|-----|---|
| Tolerancias | 2 | 2 | 300 | 5 |
|-------------|---|---|-----|---|

Tabla 1. Intervalos de tolerancia establecidos para la homologación.

| Localidad | Tmax | Tmin | Dgrado | Heladas |
|-----------|------|------|--------|---------|
| Nairobi | 26,3 | 10,8 | 2593 | 0 |
| Tooseng | 28,1 | 4,4 | 2560 | 6 |
| Gyalzing | 19,7 | 3 | 963 | 18 |
| Ramnagar | 35,4 | 8,3 | 5667 | 0 |
| Namphada | 28,1 | 6,8 | 4054 | 0 |
| Nirjuli | 32,4 | 9,8 | 5898 | 0 |
| Sonapur | 31,7 | 10,5 | 5942 | 0 |
| Bareilley | 33,7 | 8,6 | 5888 | 0 |
| Dehradum | 30,3 | 6 | 4271 | 1 |
| Gorakhpur | 32,7 | 9,8 | 6014 | 0 |
| Shimla | 21 | 1,8 | 1121 | 32 |
| Keurmomar | 30,7 | 15,1 | 6898 | 0 |
| Acra | 27,2 | 22,7 | 9159 | 0 |
| Niamey | 34 | 16,1 | 8007 | 0 |
| Culiacan | 35,7 | 12,3 | 6763 | 0 |

Tabla 2. Caracterización climática de las localidades extranjeras donde se presenta la moringa

A partir de la estimación de estas variables en las localidades extranjera arriba indicadas, se aplicó el protocolo para establecer las analogías con las localidades chilenas. Los resultados de las localidades con mayor proximidad (Nairobi, Kenia y Tooseng, Sudáfrica) fueron mapeados de modo de visualizar donde se produce la mayor cercanía entre localidades chilenas y estas localidades de referencia, tal como se aprecia en los mapas presentados en las figuras 1 y 2. En general este análisis mostró que solo hay débiles analogías entre el clima chileno y las localidades de referencia. La mayor diferencia radica en la acumulación de días grado, que en Chile es considerablemente menor, y en el número de heladas, que en Chile tiende a ser mayor, salvo en localidades costeras. La conclusión general es que Chile tiene poca analogía con estas localidades extranjeras, lo que no es excluyente para el desarrollo de la especie en Chile, por cuanto nada asegura que el clima de las localidades de referencia no excede a los requerimientos de la especie. Esta situación suele ser frecuente en este tipo de comparaciones.

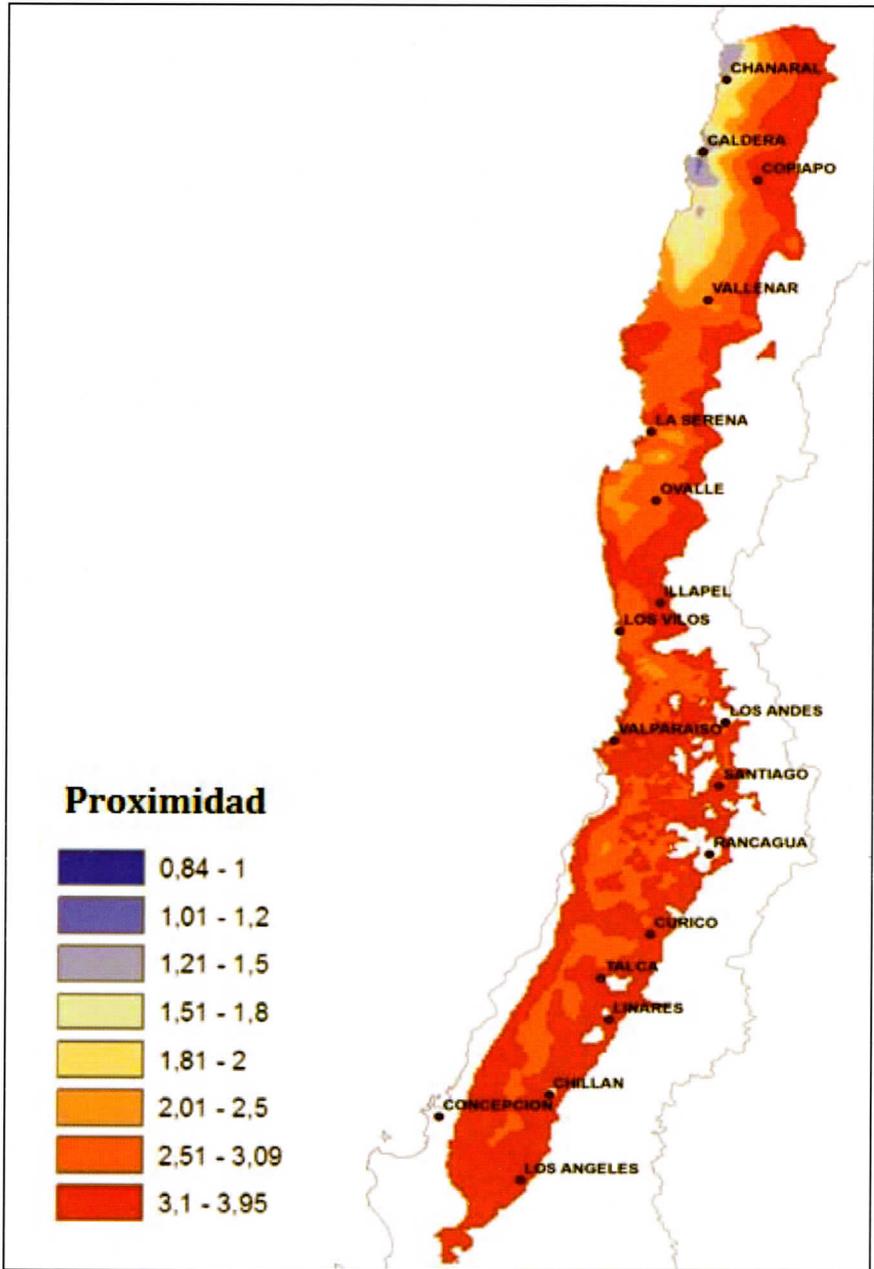


Figura 12. Mapa de analogía entre Nairobi y Chile. Los valores más cercanos a 0 indican mayor proximidad.

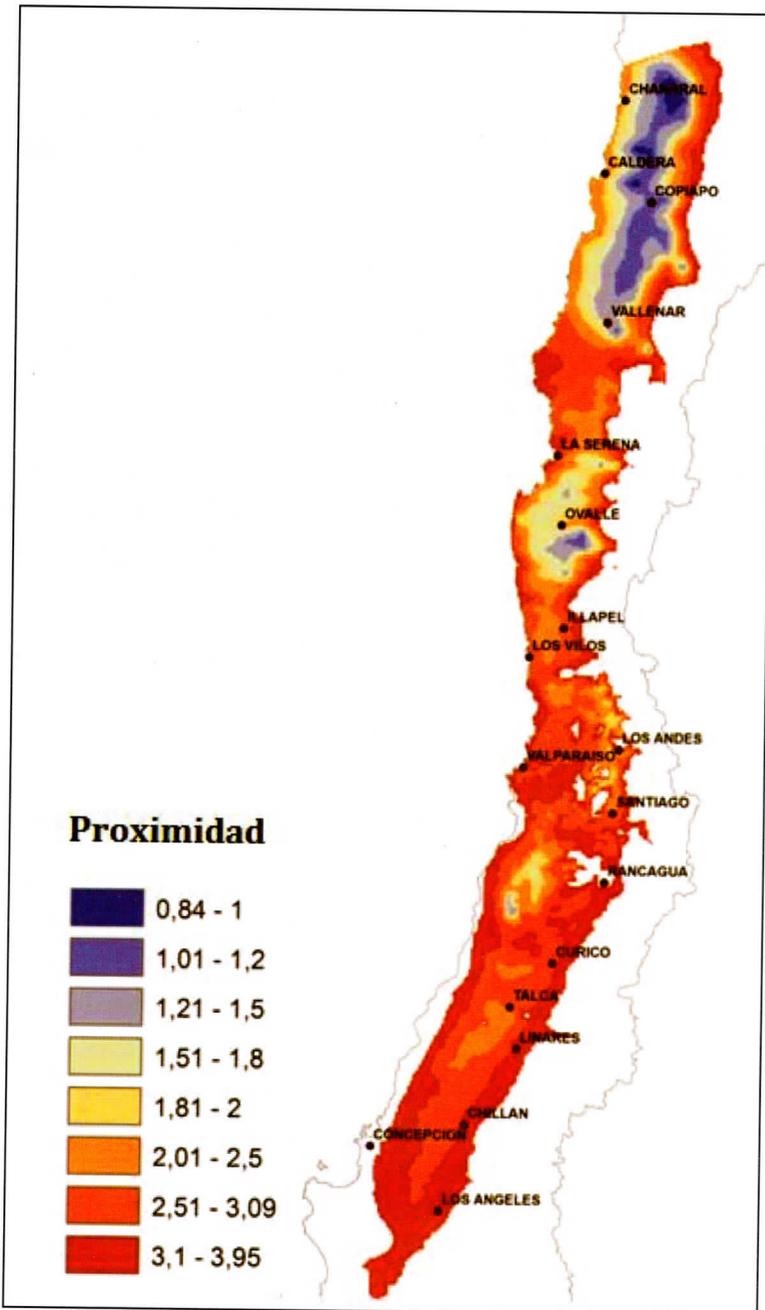


Figura 13. Mapa de analogía entre Tooseng y Chile. Los valores más cercanos a 0 indican mayor proximidad.

7.3.2 Cumplimiento de requisitos bioclimáticos mínimos para el crecimiento

En este segundo enfoque se buscó establecer el menor valor tolerado por la especie para cada variable climática. Para esto se combinó la información disponible en bibliografía y el análisis del conjunto de las áreas extranjeras donde crece la especie. Los requisitos mínimos establecidos fueron:

| | |
|--------------------|-------|
| Temperatura máxima | >22°C |
| Temperatura mínima | >10°C |
| Heladas | 0 |
| Humedad relativa | >50% |

De esta forma se estableció en cada lugar el periodo del año en que se cumplían estos requisitos. Este análisis entregó el número de meses en que se cumplen todos los requisitos, calificándolos como meses con potencialidad de crecimiento. El número total de meses favorables da una idea de la potencialidad para el crecimiento de la especie. Esta potencialidad de nada sirve si el invierno es demasiado frío para garantizar la sobrevivencia de las plantas, por esta razón se calculó un segundo índice que dice relación con las posibilidades de sobrevivencia invernal. Este índice supone que la moringa no sobrevive en sitios con más de 15 eventos de heladas en el año y que la sobrevivencia es optima en sitios sin heladas. De esta forma el índice de sobrevivencia invernal varía entre 0 y 1 y se calcula de la forma siguiente:

$$I_{si} = \frac{(N_h - 15)}{15}$$

Donde:

I_{si} es el índice de de posibilidades de sobrevivencia invernal.

N_h es el número de heladas anuales del lugar.

Una vez calculados el número de meses con condiciones para el crecimiento de la moringa y el índice de sobrevivencia invernal, se procede a multiplicarlos entre si, lo que genera un índice integrado de aptitud, I_a :

$$I_a = N^{\text{meses de crecimiento}} \times \text{Índice de sobrevivencia invernal } (I_{si})$$

Este índice se mapeó de modo de conocer que sectores ofrecen condiciones aceptables para la producción de la moringa. La figura 3 muestra las zonas con aptitud variable para el cultivo de moringa.

El mismo procedimiento se realizó en una grilla de menor resolución que divide el país por localidades. El mapeo sobre la grilla de localidades se presenta en la figura 4 donde se presentan además los meses favorables para el crecimiento de la especie para cada localidad. Si bien el índice de aptitud bioclimática no es comparable entre las dos grillas, si se pueden comparar los mapas donde se aprecian zonas potenciales similares para el crecimiento de la moringa.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)



Figura 14. Mapa de zonas potenciales para la producción de moringa.

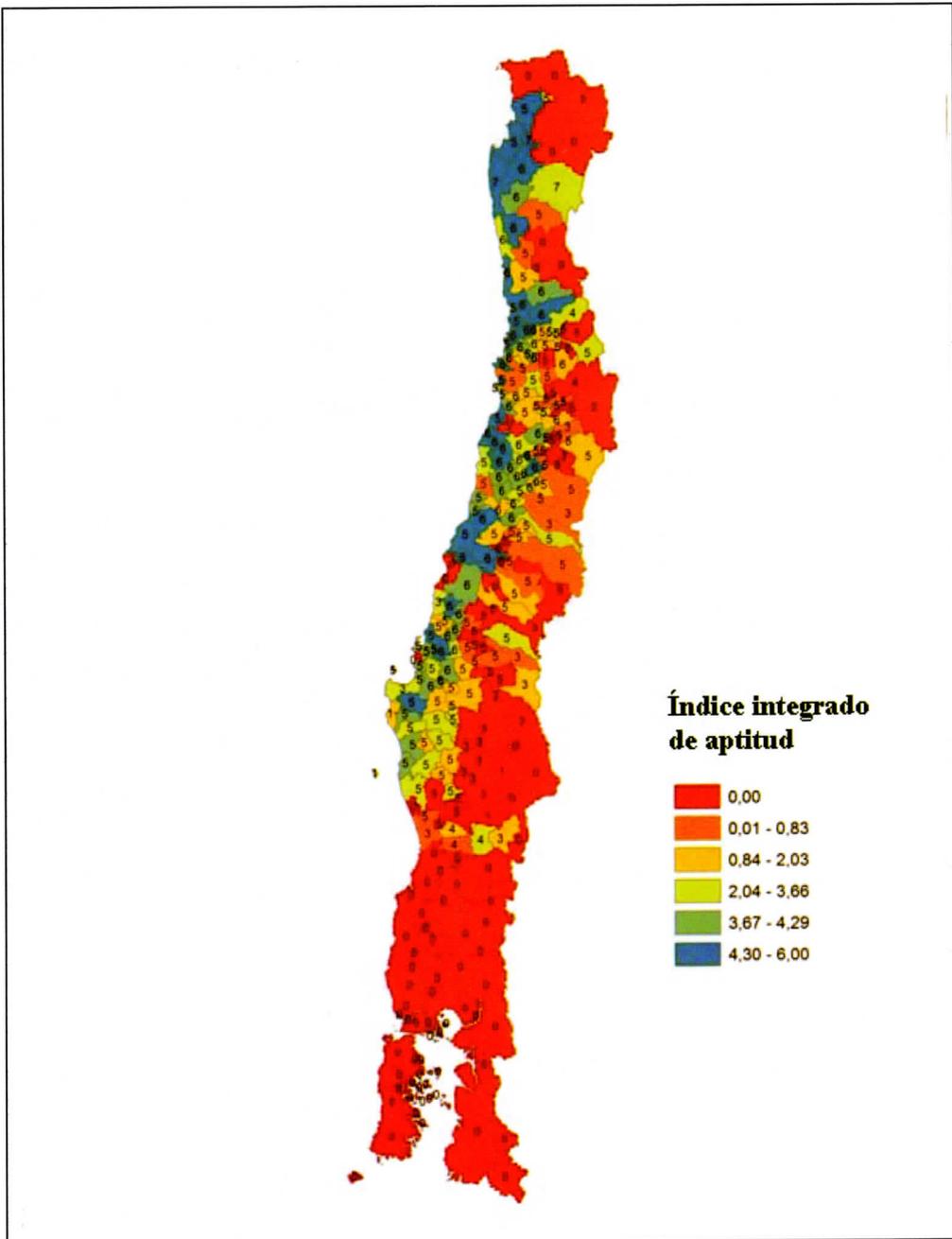


Figura 15. Mapa de zonas potenciales para la producción de la moringa, grilla de localidades. El número sobre la localidad indica el número de meses favorables para el crecimiento.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

7.4 Síntesis y zonas preferentes para el cultivo de moringa

A pesar de ser una especie del subtrópico, Chile ofrece algunas zonas con potencial de producción para la especie.

Las áreas con más potencial corresponden al secano de la costa que combinan temperaturas suficientes en el día, con un régimen de heladas suave.

Dado que en Chile la especie estaría en condiciones límite, por lo general habría que preferir las exposiciones solares N.

Las variedades anuales tienen alta probabilidad de adaptarse bien a las condiciones de Chile.

No es descartable la producción en ambientes controlados lo que podría extender considerablemente las áreas de cultivo.

La especie debiera ser cultivada bajo condiciones de riego en Chile, salvo pequeñas áreas de las regiones de O'Higgins y Maule donde podría cultivarse en secano.

8. ECONOMÍA DE LA PRODUCCIÓN

8.1 Costos y rentabilidad de la producción a nivel mundial

La estimación de los costos y retornos para el cultivo de moringa son complejos debido al incipiente desarrollo de mercados, a la variabilidad entre los productores de moringa, métodos de cultivo y productos cosechados. Sin embargo en el mundo se han realizado diversas estimaciones según fin productivo.

En el estado de Sinaloa, México, Pérez (2010) determinó los costos de producción de moringa para forraje con sistema de riego por fajas, presentados en el cuadro 8.

Cuadro 8. Estimación de costos para producción de hojas en México

| Ítem | Cantidad | Unidad | Costo unitario* | Costo por hectárea* |
|---|----------|-----------|-----------------|---------------------|
| Preparación del suelo | | | | |
| Barbecho | 1 | Operación | 24 | 24 |
| Rastra doble | 1 | Operación | 24 | 24 |
| construcción de las fajas | 1 | Operación | 24 | 24 |
| mano de obra construcción fajas | 4 | JH | 12 | 48 |
| Desmalezado pre siembra | | | | |
| Rastra eliminación de malezas | 2 | Operación | 24 | 48 |
| Siembra | | | | |
| Semilla | 62,5 | Kg | 4 | 250 |
| Mano de obra siembra | 1 | JH | 12 | 12 |
| Control de malezas plagas y enfermedades | | | | |
| Mano de obra malezas | 4 | JH | 12 | 48 |
| Mano de obra plagas | 3 | JH | 12 | 36 |
| Mano de obra enfermedades | 3 | JH | 12 | 36 |
| Productos químicos plagas | 3 | Litros | 24 | 72 |
| Productos químicos enfermedades | 1 | Litros | 40 | 40 |
| Riegos | | | | |
| Mano de obra | 15 | JH | 12 | 180 |
| Costo del agua | 1 | Hectárea | 600 | 600 |
| Fertilización | | | | |
| Mano de obra fertilización | 7 | JH | 12 | 84 |
| Fosfato mono amónico | 368 | Kg | 0,5344 | 196,6592 |
| Urea | 61 | Kg | 0,4112 | 25,0832 |
| Nitrato de potasio | 306 | Kg | 1,424 | 435,744 |
| Sulfato de amonio | 490 | Kg | 0,2808 | 137,592 |

(continúa)

Cuadro 8 (continuación)

| | | | | |
|---------------------------------|----|----------|----|-----------|
| Cosecha y secado | | | | |
| Mano de obra cosecha | 14 | JH | 12 | 168 |
| Mano de obra triturado y secado | 14 | JH | 12 | 168 |
| Otros insumos | | | | |
| Análisis de laboratorio | 3 | Servicio | 32 | 96 |
| Asesoría técnica | 2 | Servicio | 40 | 80 |
| Costos totales | | | | 2713,0784 |

Adaptado de Pérez (2010)

* Convertido a dólares del 2010

Con respecto a los retornos Pérez (2010) estima una producción bajo riego de 210 toneladas de materia fresca al año, con un precio de 24 dólares por tonelada, lo que da un valor de 5040 dólares por hectárea.

En Togo y Benín se han hecho estudios de caso para la producción de hojas, en condiciones de producción variable. Broin y de Saint Sauveur (2006) mencionan costos de producción de polvo de hojas en Benín de 2 € (valor del 2005) por kilo de polvo de hoja empaquetado, en un sistema de intercultivo de baja producción (130 a 250 kg de polvo de hojas por hectárea al año). Para el caso de Togo se mencionan costos de producción de entre 1 y 1,83 € por kilo de polvo con rendimientos entre 620 a 1700 kg de polvo por hectárea al año y una utilidad promedio de 1 € por kilo de polvo.

En Hawái Radovich (2011) estima los costos en 12250 dólares por hectárea en sistema perenne, costos que tienden a disminuir al dejar de considerar los costos de plantación.

8.2 Estimación de los costos en Chile

En el cuadro 9 se presenta una estimación de los costos de producción de moringa en Chile para un cultivo intensivo de hojas. Los supuestos de la estimación contemplan una densidad de plantación de 100.000 plantas por hectárea, con una dosis de semilla de 314 kg y con un valor de \$ 1000 por kilo. La fertilización nitrogenada está en función de la recomendación de Mendieta-Araica (2011) y no contempla para el ejemplo el aporte de nitrógeno del suelo.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

Los valores y cantidades son referenciales. Las fertilizaciones deben hacerse en función de los análisis de suelo respectivos.

Cuadro 9. Estimación de los costos en Chile. Producción intensiva de hojas.

| Ítem | Cantidad | Unidad | Costo unitario | Costo por hectárea |
|---------------------------|----------|--------|----------------|--------------------|
| Riego pre siembra | 1,00 | JH | 12.500 | 12.500 |
| Apoyo a la siembra | 0,20 | JH | 12.500 | 2.500 |
| Riegos | 8,00 | JH | 12.500 | 100.000 |
| Paleo regueros | 1,00 | JH | 12.500 | 12.500 |
| Labores de cosecha | 0,50 | JH | 12.500 | 6.250 |
| Total mano de obra | | | | 133.750 |
| Arado-rastra | 1,00 | ha | 60.000 | 60.000 |
| Rastra combinada | 1,00 | ha | 35.000 | 35.000 |
| Siembra y fertilización | 1,00 | ha | 35.000 | 35.000 |
| Aplicación herbicida | 1,00 | ha | 12.000 | 12.000 |
| Surqueadora | 1,00 | ha | 10.000 | 10.000 |
| Aplicación fitosanitarios | 1,00 | ha | 12.000 | 12.000 |
| Cultivador-abonador | 1,00 | ha | 25.000 | 25.000 |
| Labores de cosecha | 1,00 | ha | 70.000 | 70.000 |
| Total maquinaria | | | | 259.000 |
| Semillas | 314,10 | Kg | 1.000 | 314.100 |
| Mezcla (29-14-8) | 750,00 | Kg | 340 | 255.000 |
| Urea | 659,00 | Kg | 310 | 204.290 |
| Herbicidas | 6,50 | L | 4.098 | 26.641 |
| Insecticida | 4,30 | L | 4.788 | 22.529 |
| Flete insumo-producto | 16,35 | Ton | 8.000 | 130.800 |
| Total insumos | | | | 953.360 |
| Total costos | | | | 1.346.110 |

Para el caso de una producción perenne los costos se estiman en el cuadro 10. Los supuestos del análisis contemplan una densidad de plantación de 2000 plantas por hectárea con un valor de \$1300 cada una. La fertilización nitrogenada está en función de la recomendación de Suthanrapandian et al. (1989). Los valores y

cantidades son referenciales. Los costos contemplan la plantación y preparación del suelo, costos que se desestiman los años subsecuentes.

Cuadro 10. Estimación de costos en Chile. Producción perenne de hojas

| Ítem | Cantidad | Unidad | Costo unitario | costo por hectárea |
|------------------------------------|----------|--------|----------------|--------------------|
| Aplicación pesticidas | 4,0 | JH | 12.500 | 50.000 |
| Poda y cosecha | 7,0 | JH | 12.500 | 87.500 |
| Aplicación fertilizantes | 2,0 | JH | 12.500 | 25.000 |
| Riegos y limpia acequias | 5,0 | JH | 12.500 | 62.500 |
| Preparación suelo | 1,0 | JH | 12.500 | 12.500 |
| trazado, de holladura y plantación | 40,0 | JH | 12.500 | 500.000 |
| Control de malezas | 2,0 | JH | 12.500 | 25.000 |
| Total mano de obra | | | | 762.500 |
| Aplicaciones de pesticidas | 4,0 | ha | 25.000 | 100.000 |
| Acarreo de insumos e implementos | 1,0 | ha | 90.000 | 90.000 |
| Preparación de suelo | 1,0 | ha | 50.000 | 50.000 |
| Total maquinaria | | | | 240.000 |
| Urea | 382,0 | Kg | 310 | 118.420 |
| Superfosfato triple | 100,0 | Kg | 333 | 33.300 |
| Fungicida | 7,9 | L | 14.110 | 111.938 |
| Herbicidas | 7,0 | L | 7.965 | 55.753 |
| Insecticidas | 27,0 | L | 5.022 | 135.606 |
| Arboles | 2000 | Unidad | 1.300 | 2.600.000 |
| Total insumos | | | | 3.055.017 |
| Total costos | | | | 4.057.517 |

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

9. REFERENCIAS

- ABC. [en línea] 19 de Marzo del 2013. Recuperado en: <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/economia/promueven-cultivo-de-la-moringa-en-todo-el-pais-550967.html>. Consultado el 20 de Mayo del 2015.
- Aregheore, E.M. 2002. Intake and digestibility of Moringa oleifera-batiki grass mixtures for growing goats. *Small Ruminant Research*, 46: 23–28.
- Agraria. [en línea] 7 de Mayo del 2013. Recuperado en: <http://agraria.pe/noticias/avanza-la-produccion-de-moringa-en-peru-4336>. Consultado el 21 de Mayo del 2015.
- Alfaro, N., W. Martinez. 2008. Uso potencial de la moringa (*Moringa oleifera* lam) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados. Guatemala. 30 p.
- Amaglo, N. 2006. Workshop 2, How to Produce Moringa Leaves Efficiently?. En: *Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel : Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique* (16-18 de Noviembre del 2006, Accra, Ghana).
- Amaglo, N. K., G. M. Timpo, W. O. Ellis, R. N. Bennett. 2006. Effect of Spacing and Harvest Frequency on the Growth and Leaf Yield of Moringa (*Moringa oleifera* Lam), a Leafy Vegetable Crop. (15p). En: *Moringa and other highly nutritious plant resources: Strategies, standards and markets for a better impact on nutrition in Africa* (16-18 de Noviembre, Accra, Ghana).
- Andrew, A. 2010. Effect of moringa oleifera leaf powder supplement to improve nutritional status of severely malnourished children aged 6-24 months in Arusha region Tesis doctoral. Morogoro, Tanzania. Sokoine University of Agriculture. 77p.
- Anwar, F., S. N. Zafar, U. Rashid. 2006. Characterization of *Moringa oleifera* oil from drought and irrigated regions of Punjab, Pakistan. *Grasas y aceites*, 67(2): 160-168.
- Battacharya, A., S. Mandal. 2004. Pollination, pollen germination and stigma receptivity in *Moringa oleifera* Lam. *Grana* 43: 48-56.
- Berroteran, J.L. 2015. La revolución del conocimiento: “Proyecto moringa Venezuela”. *El Campesino semanario*. Año 3. Edición 86 del 17 al 23 de Mayo del 2015.
- Bezerra A.M. E., S. Medeiros Filho, J. B. S. Freitas, E. M. Teófilo. 2004. Avaliação da qualidade das sementes de *Moringa oleifera* Lam. durante o armazenamento. *Ciência e agrotecnologia*, 28(6): 1240-1246.

La Moringa (*Moringa olifera* Lam.)

- Broin, M., A. De Saint Sauveur. 2010. Growing and processing moringa leaves. Moringanews/Moringa Association of Ghana. 69p.
- Baumer, M. 1983. Notes on trees and shrubs in arid and semi-arid regions. 1983. Food and agriculture organization of the united nations, FAO. 270p.
- Bosch, C. H. 2004. *Moringa stenopetala* (Baker f.) Cufod. (pp. 395-399) En: Grubben, G. J. H., Genton, O. H. (ed). Plan resources of tropical Africa 2. Vegetables. PROTA fundation. Wageningen, Netherland. 668p.
- Castellón, C.V., C. J. R. González. 1996. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) en la alimentación de novillos en crecimiento bajo régimen de estabulación. Tesis Licenciado en Zootecnia. Managua, Nicaragua: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Centroamericana. 44p.
- Chandiposha, M. 2007. Evaluation of *Moringa* (*Moringa oleifera* (Lam) as a shade tree for Rape production in the Lowveld Semi-Arid region of Zimbabwe. Thesis submitted for the degree of Master of Science in crop science (agronomy). University of Zimbabwe. 50p.
- Charoensin, S. (2014). Antioxidant and anticancer activities of *Moringa oleifera* leaves. Journal of Medicine Plant Research, 8(7): 318-325.
- Cubadebate. [en línea] 26 de Junio del 2012. Recuperado en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2012/06/26/sembradas-en-camaguey-mas-de-200-hectareas-de-moringa-oleifera/#.VXt3WIK6XSs>. Consultado el 4 de Abril del 2015.
- Culver, M., T. Fanuel , C. A. Zvenhamo. 2012. Effect of *Moringa oleifera* leaf aqueous extract on growth and yield of rape and cabbage. African Journal of Biotechnology. 11(73): 13796-13800.
- Das, T., A. K. Das. 2012. Vegetative and reproductive phenology of some multipurpose tree species in the homegardens of Barak Valley, northeast India. [En línea] International Journal of Biometeorology. Recuperado en: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00484-012-0547-5/fulltext.html>. Consultado el 25 de Noviembre del 2012.
- De Saint Sauveur, A. 2005. List of towns where the sale of fresh *Moringa* leaves could be developed. Moringanews. Recuperado en: <http://www.moringanews.org/gb/pages/document.php?#62>. Consultado el 30 de diciembre del 2014.
- Dhasmana, B., R. N. Madan. 1990. Evaluation of *Moringa* species for the production of paper making grade pulp. Van Vigyan. 28(4), 138-140.
- De Laet, J., L. P. Ronse Decraene, E. F. Smets. 1998. Floral development and anatomy of *Moringa oleifera* (Moringaceae): What is the evidence for a capparalean or sapindalean affinity?. Annals of botany, 82: 273-284.

- Devendra, B. N., V. S. S. L. Prasad Talluri, N. Srinivas. 2012. Callus induction and somatic embryogenesis of *Moringa oleifera* Lam an anti-radiation plant. *Journal of Agricultural Technology*, 8(6): 1953-1963.
- Dos Santos, A., R. Silva-Mann, R. A. Ferreira, A. De Souza Brito. 2011. Water pre-hydration as priming for *Moringa oleifera* Lam. seeds under salt stress. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(1): 201-207.
- Desai, P. B., N. K. Patel. 2010. Phenological study of trees species of Satlasana range forest (North Gujarath). *Life sciences leaflets*, 3: 41-46.
- Emmanuel, S. A., S. G. Zaku, S. O. Adedirin, M. Tafida, S. A. Thomas. 2011. *Moringa oleifera* seed-cake, alternative biodegradable and biocompatibility organic fertilizer for modern farming. *Magnesium*. 203: 0-08.
- Emongor, V. E. 2011. *Moringa (Moringa oleifera* Lam.): a Review. (pp. 497-508). En: All Africa horticulture congress (1°, 31 de Agosto al 3 de Septiembre de 2009, Nairobi, Kenya) ISHS Acta Horticulturae 911. Eds. J. Wesonga, R. Kahane.
- Fahey, J. 2005. *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. [En línea] *Trees for life journal* N°1. 15p. Recuperado en: http://moringamalunggay.com/John_Hopkins.pdf. Consultado el: 17 de enero del 2012.
- Falasca, S., M. Bernabé. 2008. Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. [En línea] *Revista virtual REDESMA*, 2(1). Recuperado en: <http://revistavirtual.redesma.org/vol3/pdf/investigacion/Moringa.pdf>. Consultado el 28 de mayo del 2012.
- Fisch, F. 2004. Flo antibacterial peptide from the tropical tree *Moringa oleifera*: A template for novel antibacterial agents. Tesis magister en Biología. Lausanne, Suiza: Université de Lausanne. 28p.
- Foidl, N., L. Mayorga, W. Vásquez. 1999. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. [En línea] Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica" Recuperado en: <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Foidl16.htm>. Consultado el: 3 de mayo del 2012.
- Foidl, N., H. P. S. Makkar, K. Becker. 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. 20p. En: *Developmental potential for Moringa products*. (29 de Octubre al 2 de Noviembre, Dar Es Salaam, Tanzania).
- Folkard, G., J. Sutherland. 1996. *Moringa oleifera*, un árbol con enormes potencialidades. *Agroforestry Today*, 8(3): 5-8.

La Moringa (*Moringa oleifera* Lam.)

- Freire, A. L. O., J. R. P. Miranda. 2012. Crescimento e acumulo de cátions em plantas de moringa mantidas em solos salinos. Pesquisa florestal brasileira, 32 (69): 45-51.
- Fuglie, L. J. 2001. Combating malnutrition with moringa. 4p. En: Development potential for Moringa products (29 de Octubre al 2 de Noviembre, Dar Es Salaam, Tanzania).
- Ghebremichael, K. 2004. Moringa seed and pumice as alternative natural materials for drinking water treatment. Land and water resources engineering, Kungliga Tekniska högskolan. 56p.
- Gamatie, M. 2001. moringa oleifera management systems in the river Niger valley: the case of Sarando area. 4p. En: Development potential for Moringa products (29 de Octubre al 2 de Noviembre, Dar Es Salaam, Tanzania).
- Ijioma, S. N., C. O. Nwosu, C. Onyenegecha. 2014. Anticholinergic property of ethanol extract of Moringa oleifera Leaves: An in vivo and in vitro approach. Journal of Clinical and Experimental Research, 2(2), 133-137.
- Info región. [en línea] 27 de Noviembre del 2014. Recuperado en: <http://www.inforegion.pe/portada/193492/entregan-motocicletas-para-fortalecer-proyectos-de-quinua-y-moringa-en-huanuco/>. Consultado el 20 de Mayo del 2015.
- Jahn, S. A. A. 1989. Uso apropiado de coagulantes naturales para el abastecimiento de agua en el medio rural; investigación realizada en el Sudán y guía para nuevos proyectos. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del medio ambiente. Lima, Peru. 442 p.
- Jilcott, S. B., Ickes, S. B., Ammerman, A. S., Myhre, J. A. 2010. Iterative design, implementation and evaluation of a supplemental feeding program for underweight children ages 6–59 months in Western Uganda. Maternal and child health journal, 14(2): 299-306.
- Jyothi, P. V., J. B. Balture, C. Subba Reddi. 1990. Pollination ecology of *Moringa oleifera* (Moringaceae). Plant Sciences, Vol. 100, N°1 (2):33-42.
- Kanthaswami, V. 2006. Studies on phenology and floral biology in *Moringa oleifera* Lam. International journal of agricultural sciences, Vol. 2, N°2 (7): 341-343.
- Kwaambwa, M., L. Chimuka, M. Kandawa-Schulz, N. M. Munkombwe, J. M. Thwala. 2012. Situational analysis and promotion of the cultivation and utilization of the Moringa oleifera tree in selected sub-Saharan Africa countries. PROGRESS Multidisciplinary Research Journal, volumen 2(1): 9-42.

- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, F. Rubel. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3): 259-263.
- Kumar, A. R., M. Prabhu, V. Ponnuswami, V. Lakshmanan and A. Nithyadevi. 2014. Scientific seed production techniques in moringa. *Journal Agricultural Reviews* 35(1):69-73.
- La Estrella de Oriente. [en línea] 21 de Marzo del 2015. Recuperado en: <http://www.laestrelladeloriente.com/index.php/noticias/todas-las-categorias/negocios/item/22584-planta-de-la-india-proponen-a-la-moringa-como-opcion-alimentaria>. Consultado el 25 de Mayo del 2015.
- Lahjie, A. M., B. Siebert. 1987. Kelor or horseradish tree (*Moringa oleifera* Lam.). German Forestry Group report. N° 6: 41-43.
- Madinur, N. 2007. Seed viability studies in drumstick (*Moringa oleifera* Lam.). Tesis de Magister en ciencia y tecnología de semillas. Darwad, India: University of agricultural sciences. 83p.
- Mahajan, S. G., A. A. Mehta. 2011. Suppression of ovalbumin-induced Th2-driven airway inflammation by β -sitosterol in a guinea pig model of asthma. *European Journal of Pharmacology*, 650(1), 458-464.
- Mahajan, S., Y. K. Sharma. 1984. Production of rayon grade pulp from *Moringa oleifera*. *Indian Forester*. 110(3): 303-306.
- Medina, M., D. García, T. Clavero, J. Iglesias. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia tropical*, 25(2): 83-93.
- Mekonnen, Y. 2005. The multi-purpose Moringa tree: Ethiopia. (Cap 10, pp 111-118) En United Nations Development Programme (Ed.) Examples of the Development of Pharmaceutical Products from Medicinal Plants. Serie Sharing Innovative Experiences. Volumen 10. 191p.
- Mendieta-Araica, B. 2011. Moringa oleifera as an alternative fodder for dairy cows in Nicaragua. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Suecia. 58p.
- Miranda, J. R. P., J. G. Carvalho, A. Fernandes, H. N. Paiva. 2007. Produção de massa seca e acúmulo de nutrientes e napor plantas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes níveis de NaCl. *Revista de ciências agrárias*, Volumen 47: 187-198.
- Mohibbe Azam, M., A. Waris, N. M. Nahar. 2005. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass and Bioenergy*, 29(4): 293-302.

La Moringa (*Moringa oleifera* Lam.)

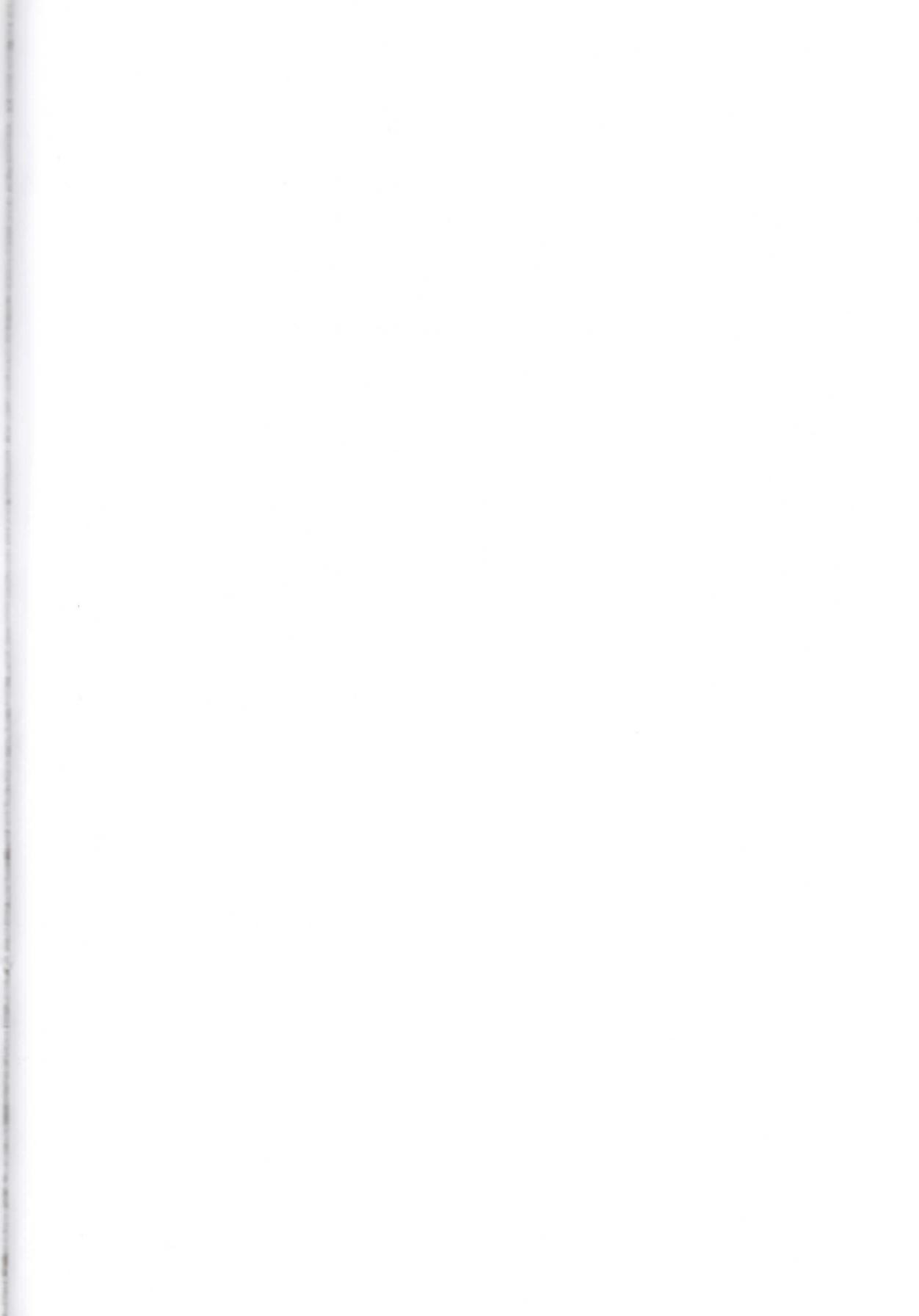
- Moravec, C. M., K. J. Bradford, E. A. Laca. 2008. Water relations of drumstick tree. *Seed Science and Technology*, 36(2), 311-324.
- Moyo, B., P. J. Masika, A. Hugo, V. Muchenje. 2011. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925-12933.
- Muhl, Q. E., E. S. DuToit, P. J. Robbertse. 2011. Moringa oleifera (Horseradish tree) leaf adaptation to temperature regimes. *International journal of agriculture & biology*, 13: 1021-1024.
- Muluvi, G.M., J.I. Sprent, D. Odee and W. Powell. 2004. Estimates of outcrossing rates in *Moringa oleifera* using Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP). *African Journal of Biotechnology* 3(2):146-151.
- Nambiar, V.S., H.M. Matela, A. Baptist. 2013. Total antioxidant capacity using ferric reducing antioxidant power and 2, 2-diphenyl-1 picryl hydrazyl methods and phenolic composition of fresh and dried drumstick (*Moringa oleifera*) leaves. *International Journal of Green Pharmacy*, 7:66-72.
- Nouman, W., M. T. Siddiqui, S. M. A. Basra, I. Afzal, H. U. Rehman. 2012. Enhancement of emergence and stand establishment of *Moringa oleifera* Lam. by seed priming. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36(2): 227-235.
- Odee, D. 1998 .Forest biotechnology research in dry lands of Kenya: the development of Moringa species. *Dryland biodiversity*, 2: 7-12.
- Ohri, D. and A. Kumar. 1986. Nuclear DNA amounts in some tropical hardwoods. *Caryologia* 39:303-307.
- Olson, M., J. Fahey. 2011. *Moringa oleifera*: un árbol multiuso para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82: 1071-1082.
- Olson, M. E., Carlquist, S. 2001. Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in *Moringa* (Moringaceae). *Botanical-Journal of the Linnean Society*, 135: 315-348.
- Osman, H. E., Abohassan, A. A. 2012. Morphological and analytical characterization of Moringa peregrina populations in Western Saudi Arabia. *International Journal of Theoretical & Applied Sciences*. 4(2): 174-184
- Padma, P. R., S. Sreelatha. 2009. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Moringa oleifera Leaves in Two Stages of Maturity. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(4):303-311.
- Palada, M. C., Mitchell, J. M., Becker, B. N., Nair, P. K. R. 2005. The integration of medicinal plants and culinary herbs in agroforestry systems for the Caribbean: A study in the US Virgin Islands. (pp. 147-153) En: III WOCMAP Congress on Medicinal and Aromatic Plants-Volume 2: Conservation, Cultivation and

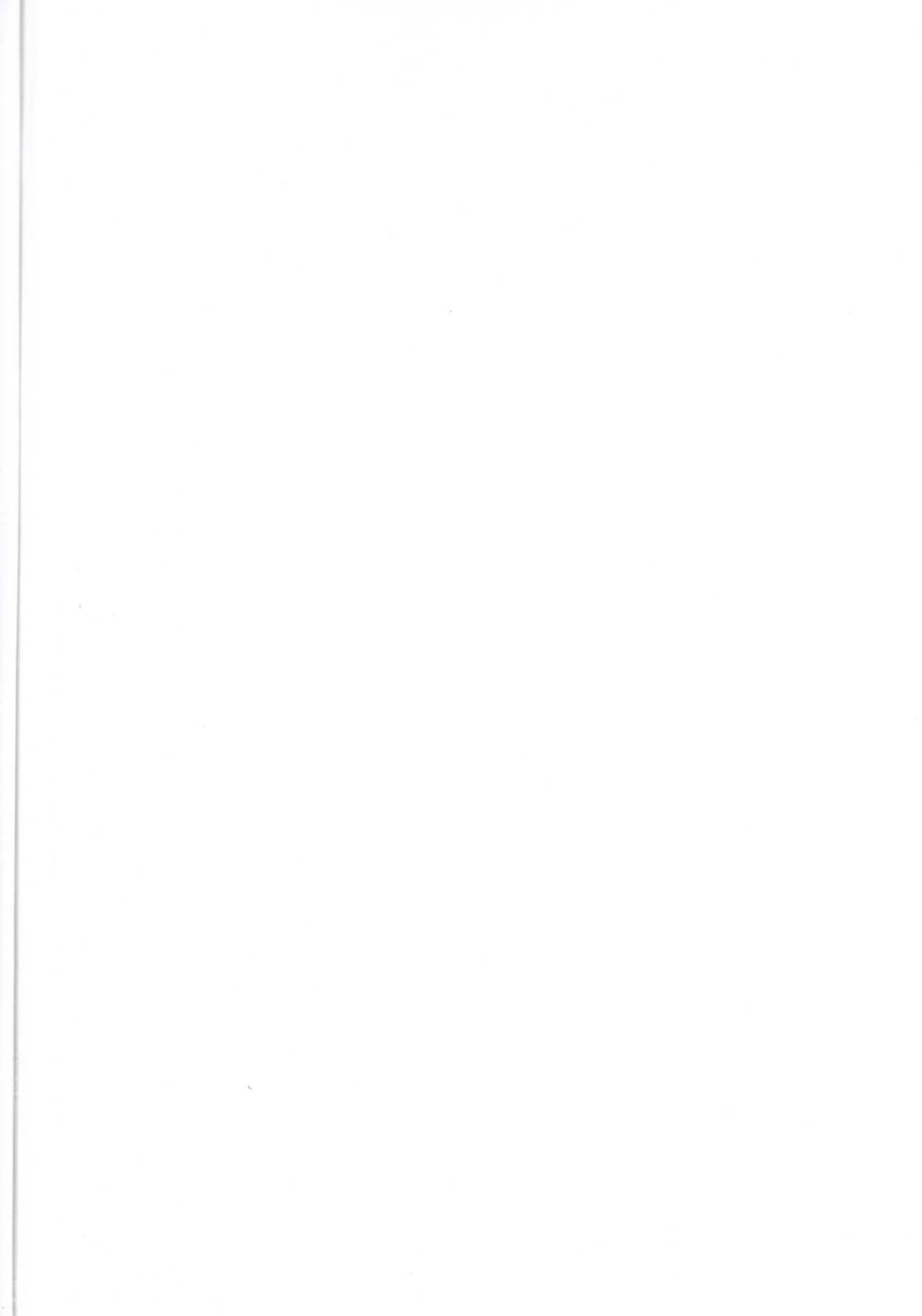
- Sustainable Use of Medicinal and Aromatic Plants. ISHS Acta Horticulturae 676. Chiang Mai, Tailandia. 191p.
- Palada, M. C., L. C. Chang. 2003. International cooperators' guide: suggested cultural practices for *Moringa*. Asian vegetable research and development center. N° 3-545. 5p.
- Paliwal, R., V. Sharma, Pracheta, S. Sharma, S. Yadav, S. Sharma. 2011. Antinephrotoxic effect of administration of *Moringa oleifera* Lam in amelioration of DMBA-induced renal carcinogenesis in Swiss albino mice. *Biology and Medicine*, 3(2): 27-35.
- Paliwal, R., V. Sharma, Pracheta. 2011. A Review on Horse Radish Tree (*Moringa oleifera*): A Multipurpose Tree with High Economic and Commercial Importance. *Asian Journal of Biotechnology*, 3(4): 317-328.
- Pamo T. E., B. Boukila, M. C. Momo Solefack, J. R. Kana, F. Tendonkeng, L. B. Tonfack. 2004. Potentiel de germination de *Moringa oleifera* Lam. sous différents traitements à Dschang dans les Hautes terres de l'Ouest- Cameroun. *Journal of Cameroon Academy of Science*, 4(3):199 – 203.
- Parrota, J. 1993. *Moringa oleifera* Lam. Resedá, horsedarish tree. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. International Institute of Tropical Forestry. 6p.
- Parrota, J. 2009. *Moringa oleifera* Lam., 1785. En: *Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U., Stimm, B.* Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie 40. 5388p.
- Pérez, R., J. De la Cruz, E. Vázquez, F. Obregón. 2010. *Moringa oleifera*, una alternativa forrajera para Sinaloa, resultados de proyectos. Fundación produce Sinaloa. Sinaloa, México. 16p.
- Pérez, Y., L. R. Valdés, L. A. F. García-Soldevilla. 2010. *Moringa oleifera* germinación y crecimiento en vivero. *Ciencia y Tecnología Ganadera*, 4(1): 43-45.
- Prabhakar, M., S. S. Hebbar. 2008. Annual drumstick (*Moringa oleifera* Lam). Pp. 111-130. En: Peter, K. V. (ed). *Underutilized and underexploited horticultural crops*. Volumen 4. New India Publishing Agency. New Delhi, India. 418p.
- Price, M. L. 1985. The *Moringa* tree. Echo technical note. 19p.
- Radovich, T. 2009. Farm and Forestry Production and Marketing profile for *Moringa*. Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. [En línea]. Recuperado en: http://agroforestry.net/scps/Moringa_specialty_crop.pdf. Consultado el: 11 de mayo del 2012.
- Rajangam, J., R. S. Azahakia Manavalan, T. Thangaraj, A. Vijayakumar, N. Muthukrishan. 2001. Status of production and utilisation of moringa in

La Moringa (*Moringa oleifera* Lam.)

- southern india. 8p. En: Developmental potential for Moringa products (29 de Octubre al 2 de Noviembre, Dar Es Salaam, Tanzania).
- Ramachandran, C., K. V. Peter, P. K. Gopalakrishnan. 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*) a multipurpose indian vegetable. *Economic botany*, 34(3): 276-283.
- Rashid, U., F. Anwar, B. R. Moser, G. Knothe. 2008. *Moringa oleifera* oil: A possible source of biodiesel. *Bioresource Technology*, 99(17): 8175-8179.
- Resmi, D.S., V. A. Celine, L. Rajamony. 2005. Variability among drumstick (*Moringa oleifera* Lam.) accessions from central and southern Kerala. *Journal of Tropical Agriculture*, 43: 83-85.
- Reyes, N. 2004. Marango: cultivo y utilización en la producción animal. Serie técnica N° 5. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 23p.
- Reyes, N. 2006. *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: Potential Fodder Species for Ruminants in Nicaragua. Tesis doctoral. Uppsala, Suecia: Swedish University of Agricultural Sciences. 51p.
- Reyes, S. N. 2004. Marango: Cultivo y utilización en la alimentación animal. Guía técnica (5). 24p.
- Riyathong, T., Dheeranupattana, S., Palee, J., Shank, L. 2010. Shoot Multiplication and Plant Regeneration from *In Vitro* Cultures of Drumstick Tree (*Moringa oleifera* Lam.) pp 154-159. En: International Symposium on Biocontrol and Biotechnology (8°, 4-6 de octubre 2010, Pattaya, Tailandia). Proceeding of The 8th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology. Pattaya, Tailandia. 310 p.
- Saini, R. K., N. P. Shetty, P. Giridhar, G. A. Ravishankar. 2012. Rapid in vitro regeneration method for *Moringa oleifera* and performance evaluation of field grown nutritionally enriched tissue cultured plants. *3 Biotech*, 2(3): 187-192.
- Sanchinelli, K. 2004. Contenido de proteína y aminoácidos, y generación de descriptores sensoriales de los tallos, hojas y flores de *Moringa oleifera* Lamark (Moringaceae) cultivada en Guatemala. Tesis licenciada en Nutrición. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. 75p.
- Sathya, T.N., P. Aadarsh, V. Deepa, P. Balakrishna Murthy. 2010. *Moringa oleifera* Lam. leaves prevent Cyclophosphamide-induced micronucleus and DNA damage in mice. *International Journal of Phytomedicine*, 2: 147-154.
- Steinitz, B., Y. Tabib, V. Gaba, T. Gefen, Y. Vaknin. 2009. Vegetative microcloning to sustain biodiversity of threatened *Moringa* species. *In Vitro Cellular Developmental and Biology- Plant*, 45(1): 65-71.
- Suarez, M., J.M. Entenza, C. Doerries, E. Meyer, L. Bourquin, J. Sutherland, I. Marison, P. Moreillon, N. Mermoud. 2003. Expression of plant derived peptide

- harbouring water-cleaning and antimicrobial activities. *Biotechnol Biong*, 81(1): 13-20.
- Suthanrapandian, I. R.; S. Sambandamurth, I. Iralappan. 1989. Variations in seedling population of annual *Moringa* South Indian Horticulture. 35(5):301-302
- Tsaknis, J., S. Lalas. 2001. Characterization of *Moringa oleifera* seed oil variety "Periyakulam 1". *Journal of food composition and analysis*, 15: 65-77.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2015. National Nutrient Database for Standard Reference, release 27. Recuperado en: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>. Consultado el: 27 de Mayo del 2015.
- Usman, M. R. M., D. S. Barhate. 2012. Phytochemical investigation and study of anti-inflammatory activity of *Moringa oleifera* Lam. *International Journal of Pharmaceutical Research and Development*, 3:114-119.
- Verdcourt, B.1985. A synopsis of the Moringaceae. *Kew Bulletin* 40: 1–23.
- Von Maydell, H.J. 1986. Trees and shrubs of the Sahel, their characteristics and uses. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*. Alemania. 525p.
- Yadav, S. and J. Srivastava. 2014. Genetic diversity analysis on *Moringa oleifera* by using different molecular markers: A review. *International Journal of Recent Scientific Research* 5(12):2277-2282.
- Yasmeen, A., S. M. A. Basra, R. Ahmad, A. Wahid. 2012. Performance of late sown wheat in response to foliar application of *Moringa oleifera* Lam. leaf extract. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 72: 92-97.
- Yusuf, S. R., D. I. Yusif. (2014). Severe damage of *Moringa oleifera* Lam. leaves by *Ulopeza phaeothoracica* Hampson (Lepidoptera: Crambidae) in Ungogo Local Government Area, Kano State, Nigeria: A Short Communication. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(1), 127-130.
- Zongo, U., S. Zoungrana, A. Savadogo, A. Traoré. 2013. Nutritional and Clinical Rehabilitation of Severely Malnourished Children with *Moringa oleifera* Lam. Leaf Powder in Ouagadougou (Burkina Faso). *Food and Nutrition Sciences*, 4(9): 991-997.







UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Agronómicas