

Capítulo 2. Diseminación del cultivo del arroz desde su centro de origen al mundo

Mario Paredes C., Viviana Becerra V., Paul Gepts, Gabriel Donoso Ñ.

Diseminación desde China hacia otros países de Asia del Este

En tiempos prehistóricos, el noreste de Asia, que comprende a la península de Corea, el archipiélago de Japón y el sur del lejano oriente de Rusia, tuvo una agricultura basada en mijo, trigo y arroz (Miyamoto, 2014).

Corea. El período de introducción del arroz a Corea se sitúa entre los años 3.000 y 2.000 a. C. en la parte central-oeste y sureste, respectivamente (Crawford y Lee, 2003; Norton, 2007), aunque el cultivo estaba ampliamente difundido en la península entre el 2.300 y 2.100 a. C. (Nesbitt, 2010), o en la Edad del Bronce (1.500-300 a. C.) (Ahn, 2010; Lee, 2011; Kim, 2015; Miyamoto, 2014; 2016; 2019).

Al respecto, algunos autores plantean que la introducción del arroz y otras especies alimenticias ocurrió en dos períodos. La primera habría ocurrido a finales del período Chulmun (Kim, 2014), en un contexto de una sociedad dedicada, principalmente, a la caza, colecta de plantas silvestres y pesca (Crawford y Chen, 1998; Choy y Richards, 2010), donde la población continuó dependiendo de la colecta de plantas silvestres y de la caza de animales, por lo cual el arroz no jugó un papel importante en la alimentación de estas comunidades (Lee, 2011).

La segunda introducción habría ocurrido durante la cultura Mumun (1.500 a 300 a. C.), equivalente a la Edad del Bronce, en un contexto de un cambio gradual en las estrategias de subsistencia de las comunidades, desde colectores, cazadores y pescadores a agricultores (Nelson, 1982; Choe y Bale, 2002; Ahn, 2010; Bale, 2011; Lee, 2011). A ello se suma la aparición de otros cultivos como cebada y soya, herramientas de piedra (Crawford et al., 2006; Ahn, 2010; Lee, 2011), los primeros sistemas de preparación de suelo y manejo de agua (Bale, 2011; Lee et al., 2014). Dada esta situación, el cultivo del arroz se diseminó por toda la península, con excepción de la zona noreste, donde las condiciones climáticas y de suelo no eran las adecuadas (Ahn, 2010).

En este contexto, un estudio sobre el consumo del arroz en Corea señaló que, en los inicios de la Edad del Bronce, el cultivo del arroz era de libre acceso a toda la comunidad. Sin embargo, en la medida que comenzó la estratificación de la población y la aparición de las diferentes clases sociales, el arroz pasó a ser un alimento lujoso, restringido y controlado directa o indirectamente por los gobiernos centrales (Kim, 2015). Esta connotación socio-cultural elitista fue advertida, también, en un estudio realizado fuera de la península, en la isla Jejedo, durante el período Mumun (180 a.C.-d. C. 50), en un contexto agroecológico no apto para el desarrollo del cultivo (Kim et al., 2018).

En sus inicios, el cultivo del arroz fue de secano (Ahn, 2010), aunque durante los siglos VII a IV a. C. el riego se empezó a practicar en la parte central y sur de la península. En este sentido, la zona central suroccidental adquirió una gran importancia en comparación a la zona oriental, donde se continuó desarrollando el cultivo de secano (Norton, 2007; Kim, 2014).

El grano de arroz sembrado en el período (1.500 a. C.) era del tipo *japonica* templado, de tamaño muy corto y angosto (Shim, 1991; Kim et al., 2014) que se fue alargando con posterioridad (Ahn, 2010). Las razones de esta evolución en el tamaño del grano no están claras, pero pudo ser una respuesta a las preferencias de la población por un tamaño de grano más grandes o la aparición de una mutación que afectó el tamaño del grano y que fue posteriormente seleccionada y diseminada en el país y en la región (Kim et al., 2013). Este cambio de tamaño fue confirmado genéti-

camente por la presencia de dos tipos de arroz: *japonica* tropical y *japonica* templado en el norte de Japón, durante el período Yayoi y Heian que representan diferentes tamaños de grano (Tanaka et al., 2010).

En relación a la ruta de introducción del arroz desde China a Corea (Figura 1) existen varias hipótesis, donde las condiciones climáticas habrían sido uno de los factores determinantes de la diseminación de la agricultura en el noreste de Asia (Park et al., 2019). La primera hipótesis plantea la ruta del sur que implica la introducción del arroz a la península de Corea desde el sureste de Asia o de las regiones de la costa del sur de China. La segunda hipótesis plantea una ruta a través del río Amarillo y la región de la Cuenca del río Yangtze; y la tercera hipótesis la ruta norte desde la región baja del río Yangtze, vía penínsulas de Shandong y Liaodong a través de la costa del río Amarillo, hacia Corea. Aparentemente, esta última hipótesis tiene un mayor apoyo desde el punto de vista arqueológico y cultural (Kim, 1982; Choe, 1982; Nesbitt, 2010; Ahn, 2010; Bale, 2011).

Japón. Los primeros cultivos de arroz y mijo fueron introducidos a Japón a mediados del período Yayoi (Kagawa, 1973) o entre finales del período Jomon y los inicios del Yayoi (2.500 a 3.000 a. C.) (D'Andrea et al., 1995; Crawford, 2011). Aparentemente, los primeros arroces detectados a finales del período Jomon, en el norte de Kyushu, eran del tipo *japonica* tropical y cultivados en suelos de secano. Sin embargo, este tipo de arroz era diferente al encontrado a inicios del período Yayoi, que era posiblemente *japonica* templado y se cultivaba bajo condiciones de riego entre 2.000 y 1.000 a. C. (Fuller et al., 2011). Esta situación fue confirmada por un estudio genético de muestras de arroz del período Yayoi que identificó la presencia de arroz *japonica* templado y *japonica* tropical. Así se infiere que la presencia inicial de variedades *japonica* tropical fueron reemplazadas por variedades del tipo *japonica* templada, debido a los cambios climáticos ocurridos en aquella época, a su mejor adaptación y a las preferencias culinarias de la población (Tanaka et al., 2010). Otro estudio genético de muestras de arroz del período Yayoi (2.000 a. C.), colectadas en Japón y Corea, detectó también la presencia de arroz tipo *indica* y *japonica* en la zona (Kumagai et al., 2016).

En relación a la introducción del arroz a Japón (Figura 1), se plantean tres posibles rutas: 1) La ruta sur o del océano plantea la introducción del arroz desde la parte sur de China, al sur de Kyushu, a través de las Islas Ryukye (Okinawa), desde donde el arroz tipo *japonica* tropical (= *javanica*) se habría diseminado al resto del territorio de Japón (Crawford, 2011); 2) La ruta del norte desde Changjiang, al norte de Kyushu vía la República de Corea y el estrecho coreano Tsushima (Kagawa, 1973; Nesbitt, 2010). Esta ruta incluye dos vías posibles, la primera conformada por migrantes de la cuenca del río Namgang del sur de la península de Corea que habrían llegado a las planicies de Karatsu e Itoshima, en el norte de Kyushu, alrededor del siglo IX y VIII a. C., llevando arroz *japonica* tropical. La segunda migración, integrada por pobladores de la Cuenca del río Nakdonggang, que habrían llegado a la llanura de Fukuoka con el arroz *japonica* templado, alrededor de los siglos VII y VI a. C. (Miyamoto, 2019); 3) La ruta de la península de Shandong hacia Corea y luego a Japón, o a través de las áreas costeras del bajo Yangtze/Shandong directo hacia Japón (Fuller et al., 2010), o desde la parte oriental de la provincia de Liaoning (Zhang y Hung, 2013).

La difusión del arroz, desde el suroeste de China a Japón, tomó aproximadamente 4.000 a 5.000 años. Sin embargo, una vez establecido en el norte de Kyushu (2.300 a. C.), al arroz le tomó alrededor de 1.000 años más para llegar al norte de Japón, Honshu, donde existía un clima templado frío que poseía una temperatura media de 11 a 12 °C (Takahashi, 1980).

Los primeros intentos de cultivar arroz en la región sur de Hokkaido se realizaron alrededor del año 1600, con malos resultados. No obstante, después de la guerra civil de 1869, muchos habitantes emigraron a Hokkaido para rehacer sus vidas e insistieron en establecer el cultivo del arroz en la zona (Takahashi, 1980), lo que se logró en 1850, en la ciudad de Ono. Las condiciones del norte de Japón, de día largo y bajas temperaturas, fueron un constante desafío para el crecimiento de la planta y la producción de arroz (Fujino et al., 2019b), lo que llevó a los programas de mejoramiento a concentrar sus esfuerzos en la selección de material genético precoz, tolerante a bajas temperaturas y de alta calidad (Shinada et al., 2014).

Los primeros cultivos de arroz en Hokkaido se realizaron con variedades cultivadas en la región límite norte de aquella época, como 'Honshu' y 'Tohoku'. Esta base genética permitió iniciar el programa de selección del germoplasma más adecuado para esta nueva zona. Para apoyar este trabajo, en el año 1893 se estableció en las afueras de Sapporo un lugar para evaluar variedades. Durante los años 1919 y 1927 se establecieron las bases para el desarrollo de un programa de mejoramiento genético de arroz, del cual se liberaron las variedades 'Akage', 'Bozu', 'Sakigake' y las primeras variedades precoces 'Hashiri-bozu' y 'Norín-11' (Takahashi, 1980). Producto de este trabajo de mejoramiento genético, el cultivo de arroz se ha expandido incluso más al norte de Hokkaido. Es así como en el año 1927, el cultivo del arroz se estableció en Enbetsu, límite norte del cultivo de arroz en el mundo (Fujino et al., 2019a), lo que implicó un cambio importante en las características fenotípicas y genéticas de la planta (Fujino et al., 2015; 2017; 2019a; 2019b; 2019c).

Las variedades modernas de arroz de Japón son clasificadas como *japonica* templada y sólo unas pocas variedades son clasificadas como *japonica* tropical, las que se siembran en suelos bajos del suroeste de Japón (Tanaka et al., 2010). El cambio del sistema de cultivo de arroz de secano al de riego trajo un profundo cambio en la estructura social, cultural y económica de Japón (Takamiya, 2001).

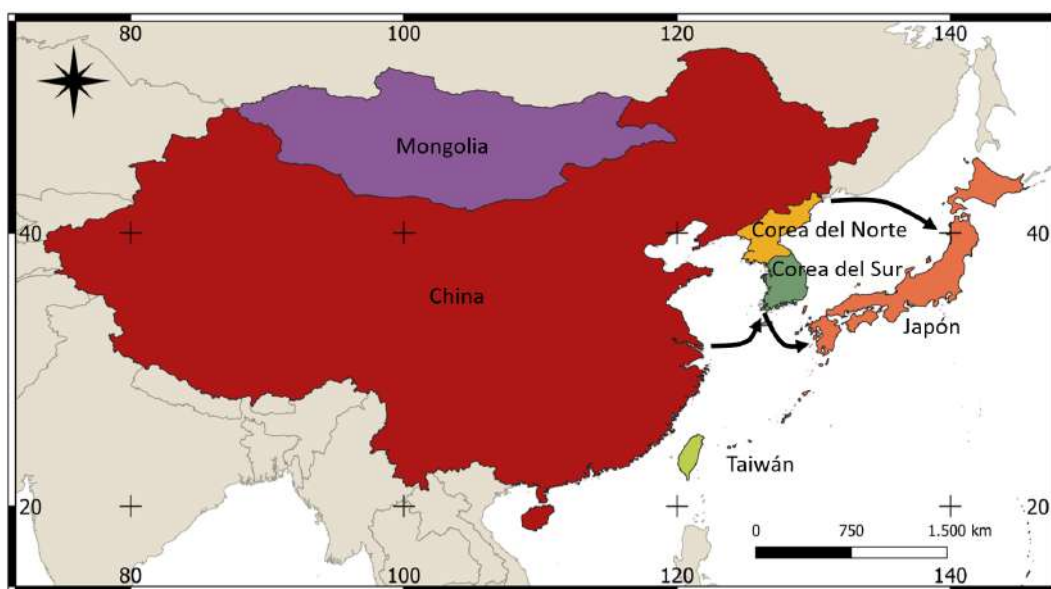


Figura 1. Posibles rutas de diseminación del arroz a Corea y Japón (Adaptado de Lee, 20017; Miyamoto, 2019).

Diseminación del arroz hacia la Federación Rusa

Federación Rusa. En sus comienzos el cultivo de arroz tuvo una escasa importancia y estuvo relegado a los oasis de Asia Central. Posteriormente, con el aumento del poder del Imperio Ruso en la zona (1860 a 1985), el cultivo empezó a adquirir una mayor importancia (Nesbitt, 2010). En esta zona árida y semi-árida, la siembra del arroz se realiza bajo condiciones de riego. La producción de arroz en esta zona está ubicada entre los 44° y 49° de latitud norte, límite para la producción de arroz. Las variedades cultivadas son del tipo *japonica* templada, precoces y tolerantes al frío (Tinsley, 1995).

La producción de arroz en la Federación Rusa está concentrada (Figura 2) en tres distritos federales: Lejano Oriente (región de Primorsky), del sur (región de Krasnodar y de Rostov), y del norte del Cáucaso (República de Dagestan, Adygea, Kalmykia, región de Astrakhan, y República Chechena) (Mikhailovna, 2014; Sukhomirov, 2018).

La introducción del arroz en el Lejano Oriente permitió que se cultivara el arroz hasta los 49° latitud norte. El éxito de esta experiencia incentivó la realización de siembras en otras regiones, utilizando las variedades precoces de Japón, como la región del noreste y a lo largo de los suelos cercanos a los ríos Kuban y Terek (Cáucaso), Don, en la desembocadura del Volga, así como en lugares aún más al norte, moviendo la frontera del cultivo del arroz a regiones más frías hasta los 50° latitud norte, como Olobe, KonTari, y Sakiguaké, entre otros (Brjezitsky, 1928; 1933).

En este escenario, los refugiados y deportados jugaron un rol importante en el desarrollo del cultivo del arroz. Después de la rebelión musulmana en Kashgaria en 1870, varios miles de chinos musulmanes, llamados 'Dungans', llegaron a la Rusia Central Asiática y se establecieron en las regiones de Osh, Przhevalsky y Tokmak, donde comenzaron a realizar siembras de arroz (Nesbitt, 2010).

En la zona del Lejano Oriente de la entonces Unión de Repúblicas Soviéticas, las primeras siembras de arroz fueron realizadas por los inmigrantes coreanos entre 1908 y 1913 (Kho, 1987) o en 1918 (Brjezitsky, 1928) en el valle del río Yangchihe. Desde esta zona, el cultivo del arroz se diseminó a otras localidades como Suchan, Nicholsk, Ussurisk y Spassky (Son, 2013). Durante el período pre-revolucionario en el Lejano Oriente de Rusia, el cultivo de arroz no fue estimulado por las autoridades regionales, debido a que el desarrollo económico y social de esta zona dependía, en gran parte, de su relación comercial con Japón y China, importantes productores e importadores de arroz (Son, 2013). Por otro lado, cuando se estableció el régimen soviético, alrededor de 1920, las autoridades tampoco se interesaron por el cultivo del arroz y favorecieron la producción de otros cultivos, como el algodón, como una manera de intensificar la agricultura (Nesbitt, 2010).

Entre 1913 y 1924 la población coreana estuvo involucrada, también, en la construcción del sistema de riego que contribuyó a aumentar la superficie sembrada, trabajo apoyado por las tropas japonesas presentes en la región (Primorye y Amur). La nueva infraestructura de riego favoreció la mayor superficie sembrada y la producción. Es así como la superficie sembrada aumentó rápidamente, desde 1.300 ha de arroz en el año 1924 a 17.855 ha en 1929 (Son, 2013). En aquellos momentos, el cultivo del arroz estaba distribuido en los distritos de Vladivostok (93), Khabarovsk (5,5 %) y Amur (1,5 %) (Sukhomirov, 2018).

La semilla utilizada por los coreanos provenía de China, Japón y Corea (Son, 2013), y estaba compuesta por una mezcla de varios tipos de plantas (Brjezitsky, 1928). El sistema de siembra utilizado contemplaba la siembra en mayo y junio con semilla pregerminada, en suelos ligeramente inundados, y con una dosis de 100 a 115 kg ha⁻¹. Después de la siembra, el nivel del agua se mantenía en una altura de 10 a 15 cm, la que iba aumentando a medida que crecía la planta, hasta alcanzar los 25 a 35 cm. Las malezas más comunes eran *E. crus-galli* y *Alisma plantago*, las que se arrancaban a mano antes de la cosecha. La cosecha se realizaba en forma manual, utilizando una echona. Las plantas cosechadas eran reunidas en gavillas, las que se secaban al sol y se trillaban con animales (Brjezitsky, 1928).

Dado los buenos resultados técnicos y económicos del cultivo en la zona, el arroz fue incorporado al programa de investigación agrícola de la Estación Regional de Primorsky en el año 1926. Como una manera de continuar el apoyo al cultivo, en 1929 se preparó un plan de desarrollo a cinco años que consideraba la construcción de nuevos sistemas de regadíos, la incorporación de nuevos suelos regados y el inicio de la colectivización de las granjas, con la participación de coreanos y soviéticos (Son, 2013; Sukhomirov, 2018). Entre los años 1927 y 1928, se inició un programa masivo de selección individual de plantas de la población (variedad) 'Kenzo' la que dio origen a las primeras variedades de arroz barbadas y sin barbas de la región. Entre 1929 y 1930, se inició una nueva etapa en el programa de mejoramiento, cuyo objetivo era obtener variedades precoces, de alto rendimiento, resistentes a *Pyricularia* spp., basada en la selección de poblaciones locales e introducidas. En la década de 1930 se empezaron a utilizar cruzamientos y a partir desde

1960 se empezaron a usar métodos modernos de selección para el desarrollo de las nuevas variedades (Zelensky, 2016).

El mejoramiento genético en el Distrito Federal Cáucaso Norte, región Don, empezó en 1926, en la Estación Piloto de Recuperación de Suelos, con el desarrollo de variedades precoces, de alto rendimiento, tolerantes a altas y bajas temperaturas, aunque sin mayor éxito. A partir de 1957, el mejoramiento genético y la producción de semilla tuvieron un nuevo impulso y se empezaron a desarrollar en la estación de mejoramiento de plantas de Zernogradskaya ('Don Breeding Center'), actualmente 'All-Russian Research Institute of Grain Crops' (Zelensky, 2016).

El mejoramiento genético de arroz en el Distrito Federal Sur, territorio de Krasnodar (Kuban), empezó en 1931, en la Estación Experimental del arroz Azov, la que fue reorganizada en varias oportunidades, para finalmente integrarse al All-Russian Rice Research Institute (ARRRI), en el año 1966. Éste reunía los esfuerzos de los científicos de Rusia, Ucrania, Uzbekistán y Kazajistán con nuevas infraestructuras, equipos, maquinarias y personal. En esta región, el primer trabajo de mejoramiento se empezó a realizar el año 1932 y estuvo dedicado al estudio de una colección de 1.509 accesiones, colectadas por N.I. Vavilov, de las cuales se desarrollaron diferentes variedades. La primera variedad comercial en la región fue 'Kenzo', selección de una población traída del Lejano Oriente. Esta variedad fue cultivada por más de 20 años y fue progenitor de más de 20 nuevas variedades. Los primeros resultados del ARRRI fue el desarrollo de variedades modernas que se caracterizaban por poseer un alto rendimiento, resistencia a la tnedadura y respuesta a la fertilización (Zelensky, 2016).



Figura 2. Primeras siembras de arroz en Asia del Norte.

Asia Central

El análisis de restos arqueológicos de partes de semilla de arroz (fitolitos) provenientes de Tuzusai, sur de Kazajistán, indican que el cultivo del arroz se habría llevado a cabo en esta zona a finales de la Edad del Hierro (300 a. C.) (Rosen et al., 2000).

Entre los principales responsables de la producción de arroz en Asia Central se menciona a la migración de poblaciones chino musulmanas que llegaron al Turquestán ruso, después de firmar el tratado Sino-Ruso en 1881, las que una vez establecidas en la parte norte de Kirguistán, formaron granjas con siembra de cereales, entre los cuales estaba el arroz (Kho, 1987). En 1928, se unió la migración de familias coreanas, desde la región marítima al sur de Rusia a la ciudad de Kzyl-Orda, hoy día Kazajistán, donde formaron las primeras granjas de producción de arroz 'Khazriz' e 'International', por lo cual Kzyl-Orda recibe el nombre de la 'capital arrocera' en Kazajistán (Kho, 1987).

A finales de 1920, los campos de arroz en Turquestán se encontraban distribuidos, principalmente, en las cercanías de los afluentes del río Syr-Daria y, en menor proporción, en suelos altos (Figura 3). Los principales tipos de arroz utilizados en la zona era 'Arpa-Chaly', 'Ak-Chaly' y 'American-Chaly' y en mayor proporción el arroz negro tipo 'Cara-Chaly'. La siembra se realizaba desde fines de abril a mediados de mayo, en un sistema inundado con semilla pre-germinada y en dosis de 72 a 96 kg ha⁻¹, sin fertilización y con un escaso control de malezas. En los suelos bajos no se realizaba ninguna rotación de cultivos. Sin embargo, en suelos altos el arroz se sembraba en rotación con cebada, algodón y calabazas (Brjezitsky, 1928).

En la zona Transcaucasia, el cultivo del arroz estaba ubicado, principalmente, en Azerbaiyán, Armenia y Ajaristan (Figura 3). En Azerbaiyán, el mayor desarrollo del cultivo se alcanzó en el distrito de Lenkoran, cuyo sistema de cultivo fue introducido desde Persia. Éste utilizaba almácigo y trasplante, donde se usaban plántulas de 14 a 18 cm de altura que eran plantadas a una distancia de 10 a 14 cm unas de otras y con tres a cuatro plantas por hoyo de plantación. La cosecha era manual, utilizando echonas, y las plantas cosechadas eran amarradas en gavillas que secaban al sol. La trilla se realizaba mediante el pisoteo de las plantas por los animales (Brjezitsky, 1928).

Desde 1937 a 1939, la política stalinista deportó alrededor de 170.000 coreanos a Kazajistán, Kirguistán y Uzbekistán (Figura 3). Los coreanos deportados formaron granjas colectivas en lugares deshabitados y otros se integraron a las granjas existentes, participando activamente en la construcción de sistemas de riego que contribuyeron a aumentar la producción de arroz en Asia Central. De esta manera, el arroz se convirtió en un cultivo importante para esta zona, especialmente para la región de Kazajistán, donde el arroz cultivado era del tipo *japonica* (Nesbitt, 2010).

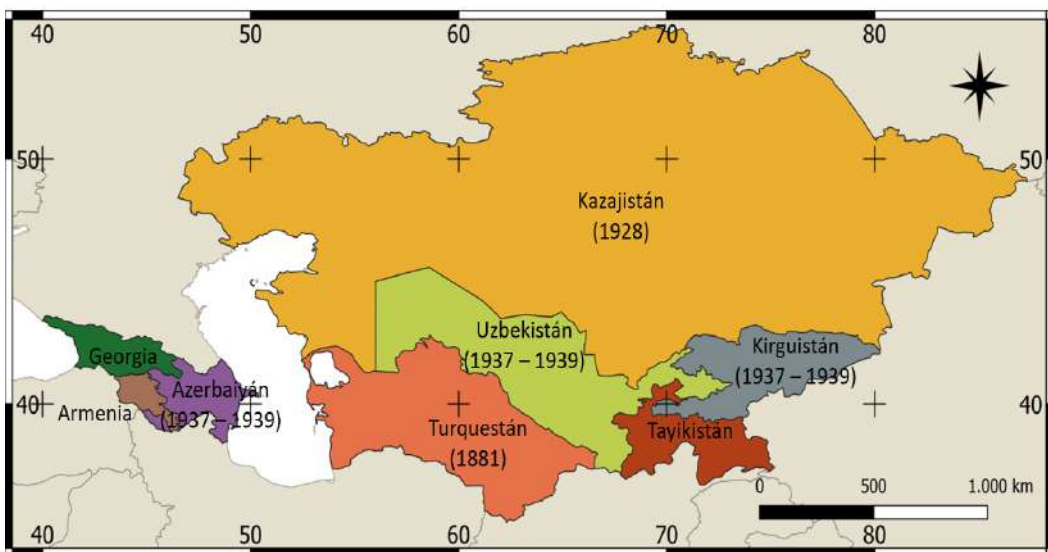


Figura 3. Primeras siembras de arroz en países de Asia Central.

La década de 1940 no favoreció la expansión del cultivo. Sin embargo, en 1950 la Unión Soviética empezó a concentrar mayores esfuerzos en el incremento de la producción de este cereal, lo que quedó demostrado con la incorporación de nuevas zonas de cultivo (suelos vírgenes), ubicadas en el centro y norte de Kazajistán (Kho, 1987; Tinsley, 1995).

En el año 1952 se sembraron 29.000 ha de arroz en Kazajistán, de las cuales 27.000 ha estaban ubicadas en la región de Kzyl-Orda. En 1960 la superficie sembrada aumentó a 95.000 ha y en 1972 a 462.000 ha, situación relacionada con la creación, implementación de grandes obras de riego y al establecimiento de granjas estatales (Kho, 1987).

Diseminación del arroz a Asia del Sur o Asia Meridional

La difusión del arroz en el subcontinente se realizó desde la región del Ganges y/o del este de India (Odisha) en el tercer milenio y con una presencia importante en el siglo primero a. C., donde la mayor diseminación del arroz hacia Sri Lanka habría ocurrido en la Era del Bronce (Fuller y Qin, 2009). Los tipos de arroz encontrados en la región son *aus* (Bangladesh), *ashina* (arroz flotante de India), *rayada* (arroz flotante de Bangladesh), *aromático* (Basmati de India y Sadri de Irán). Las variedades criollas de Irán e India pertenecen al tipo *indica* o *aus* (Nesbitt, 2010).

Afganistán. El arroz en Afganistán es un alimento importante y su cultivo está ampliamente distribuido en el país (Figura 4) y se postula que fue introducido desde la India (Khush, 1997). Actualmente existen dos tipos de arroz cultivados, el 'lok' que proviene de Turkestán y el 'mahin' que tiene su origen en India (Nesbitt, 2010).

Bangladesh. La información arqueológica en arroz es escasa (Figura 4). Los resultados obtenidos en Wari-Bateshwar (400 a 100 a. C.) y Vikrampur (Siglo XI y XVI a. C), sugieren que las poblaciones que habitaban estos lugares practicaban una agricultura basada, principalmente, en arroz del tipo *japonica* proveniente del sudeste de Asia y cultivado bajo condiciones de secano (Rahman et al., 2019; 2020). Esta situación podría implicar que los arroces tipo *indica* y *aus*, que dominaron en la agricultura de Bangladesh, fueron introducidos con posterioridad al arroz *japonica* (Rahman et al., 2020).

En la actualidad, la producción de arroz se realiza mayoritariamente en tres sistemas: secano, riego y flotante o de aguas profundas. Las variedades cultivadas se pueden dividir en cinco ecotipos: Boro; *aus* de trasplante; Aman de trasplante; *aus* de secano de suelos altos; arroz de aguas profundas o arroz flotante (Sattar, 2000). Por otro lado, un estudio genético de arroces provenientes de Bangladesh, Assam y el Occidente de Bengal permitió identificar a cuatro grupos de arroces: *japonica*; *indica*; y dos tipos de *aus*, *aus-1* y *aus-2*, donde el tipo *aus-1* está asociado al grupo 'Boro' (Travis et al., 2015).

Bután. El cultivo del arroz en Bután se realiza entre los 200 y 2.700 m de altura, lo que incluye condiciones tropicales y templadas (Figura 4). En las regiones de altura, el cultivo de arroz se siembra en terrazas. El rendimiento promedio del arroz es de alrededor de 2 t ha⁻¹. La introducción de variedades mejoradas de arroz en Bután comenzó en 1982, después del establecimiento del Centro de Investigación y Desarrollo Agrícola (CARD), actualmente Centro de Investigación y Desarrollo RNR, donde se han evaluado y liberado diversas variedades. En 1995, se estableció un programa de cruzamientos específicos con el IRRI, enfocado a mejorar el rendimiento, la calidad e incorporar resistencia a enfermedades, lo que ha redundado en un mayor rendimiento, rentabilidad para los agricultores y seguridad alimentaria para la población (Shrestha, 2004).

Nepal. El arroz fue introducido a Nepal en el siglo III a. C. (Figura 4), pero la producción comercial empezó sólo hace 500 años (Mallick, 1982; Agrama et al., 2010). El arroz en Nepal se cultiva bajo diferentes condiciones agroclimáticas: tropical, subtropical y templado caliente, a una altura de entre 100 y 3.000 metros y bajo condiciones de riego y secano. En la zona tropical (suelos ubica-

dos a baja altura) se producen dos cultivos al año, aunque en algunas zonas se pueden alcanzar tres cultivos al año. En la zona subtropical (suelos ubicados a una altura media) se pueden producir dos cultivos al año, mientras que en la zona templada caliente (suelos en altura) se produce sólo un cultivo al año. Además, el arroz se cultiva asociado o intercalado en rotaciones con maíz, legumbres y en un sistema integrado de arroz, y crianza de peces y aves como gallinas y patos (Gadal et al., 2019).

Pakistán. Posiblemente, el arroz llegó a Pakistán en el siglo IV (Figura 4), aunque se plantea que en la región norte del país podría haber ocurrido el cruzamiento de arroz *japonica*, proveniente de China, con la población proto-*indica*, que dio origen al arroz tipo *indica*.

El arroz en Pakistán se cultiva, principalmente, en dos regiones: Sindh y Punjab. En la región de Sindh se produce el arroz de grano largo fino y en la zona de Punjab el arroz basmati. Al igual que India, Pakistán exporta arroz Basmati, sin embargo, el precio obtenido por este tipo de arroz es menor al de origen indio. La producción de arroz se realiza desde el nivel del mar hasta los 2.500 m de altitud, lo que comprende valles y terrazas, regiones tropicales y subtropicales (Shahzadi et al., 2018).

Sri-Lanka. Sri Lanka es una isla tropical ubicada en el Océano Índico que ha tenido un lugar estratégico en la conexión del comercio marítimo entre Asia del Sur, Sudeste Asiático, y el Oriente y el Mediterráneo (Fuller et al., 2011). Desde finales del Holoceno y la Edad de Hierro, la población de Sri-Lanka adoptó diferentes estrategias de subsistencia como la caza, colecta y adopción de la agricultura. Esta última trajo aparejada la introducción de diferentes plantas cultivadas y la construcción de sistemas de riego entre otras tecnologías (Premathilake, 2006).

Algunos antecedentes señalan que el uso de arroz silvestre (*O. nivara*) podría haber ocurrido en Sri-Lanka alrededor del 4.780 a. C. (Premathilake et al., 2017). Sin embargo, los primeros indicios de la agricultura en Sri Lanka se remontan a principios de la Edad de Hierro, donde las comunidades estuvieron involucradas en la producción de arroz (Premathilake, 2006). Por otra parte, se postula que el arroz domesticado fue introducido a Sri Lanka desde el norte de India, alrededor de 500 a. C. (Figura 4) (Fuller et al., 2011; Silva et al., 2015; Murphy et al., 2018), aunque otros autores ubican al cultivo de arroz de riego a principios del período histórico, como una estrategia de diversificación en la producción de alimentos (Murphy et al., 2018).

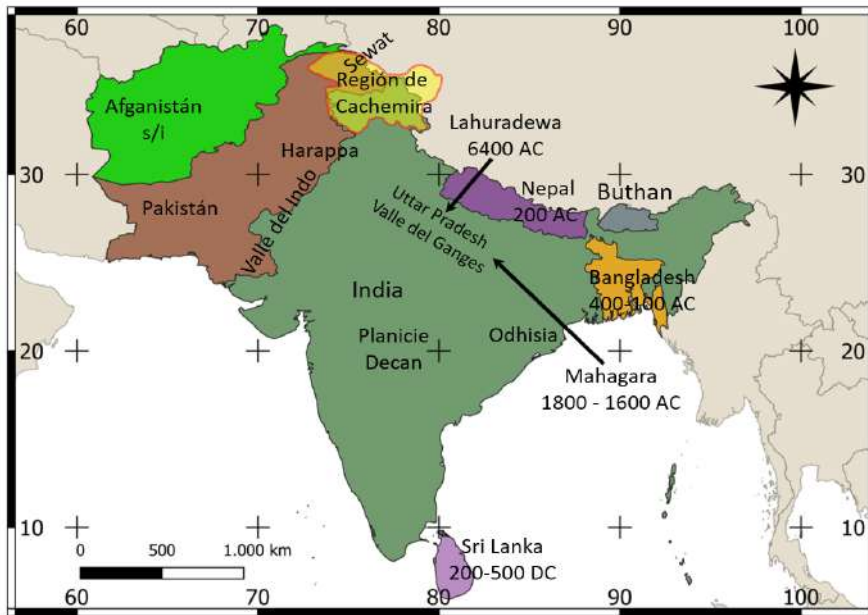


Figura 4. Primeras siembras de arroz en el Asia del Sur.

El análisis de restos arqueológicos colectados en la localidad de Kantharodai, península Jaffna y en Kirinda, en el sur de la costa de Sri Lanka, indicó la presencia de arroz cultivado y silvestre, con una mayor presencia de arroz tipo *indica*, en comparación a *japonica*. El arroz de riego detectado en Kantharodai fue fechado entre 300 a. C. y d. C. 200, y el de secano en Kirinda entre d. C. 500 y 600 (Murphy et al., 2018). Por otro lado, los restos encontrados en ambos lugares muestran una gran similitud de plantas cultivadas (arroz, mijo y legumbres) con algunos sitios del sur de la India, lo que sugiere una interconexión entre estas comunidades y estrategias económicas de supervivencia (Murphy et al., 2018). Otro estudio realizado en el puerto de Mantai, ubicado en la costa noroccidental de Sri Lanka, señaló que el arroz proveyó el alimento básico para el desarrollo de este asentamiento por varios siglos, desde 200 a. C. - d. C. 650 (Kingwell-Banham et al., 2018).

Diseminación del arroz a Asia Occidental o Medio Oriente

Siria e Iraq. La información disponible permite señalar que el arroz fue relativamente desconocido o marginal en el Medio Oriente hasta, al menos, el siglo XII a. C. (Figura 5), debido a la necesidad de un uso intensivo de mano de obra y a los altos requerimientos de agua (Miller, 2011; Muthukumar, 2014). Se postulan dos rutas posibles de difusión del arroz al Medio Oriente: 1) a través del lado sur de los Himalayas hacia Bactria y luego a Armenia vía la costa sur del Mar Caspio; y 2) del sudoeste de India hacia el valle del Indo por mar, y luego a través de la costa sur de Irán a Mesopotamia. Además, se señala que la cultura del arroz no era común en Persia y Babilonia ante del período Islámico (Laufer, 1919). Los romanos podrían haber introducido el arroz a Siria, Palestina y Asia Menor (Sharma, 2010).

El otro elemento importante que influyó en la introducción del arroz a otras localidades como Iraq, Siria (Adshead, 1997) fue la expansión del islam y el desarrollo de nuevas tecnologías para el uso más eficiente del agua (Miller, 2011; Muthukumar, 2014). Durante el período Fatimí, la parte sur de Iraq llegó a ser una zona productora de arroz. Posteriormente, se observa un mayor aumento de la superficie cultivada con arroz en las áreas húmedas o bien regadas de Iraq, noreste de Siria (región de Nusaybin) y Palestina (valle del Jordán) (Nesbitt, 2010). El arroz y el pescado fueron los principales alimentos de los habitantes del Estado de Khazaria en la región del Mar Negro y el Mar Caspio durante los siglos VII y X (Sharma, 2010).

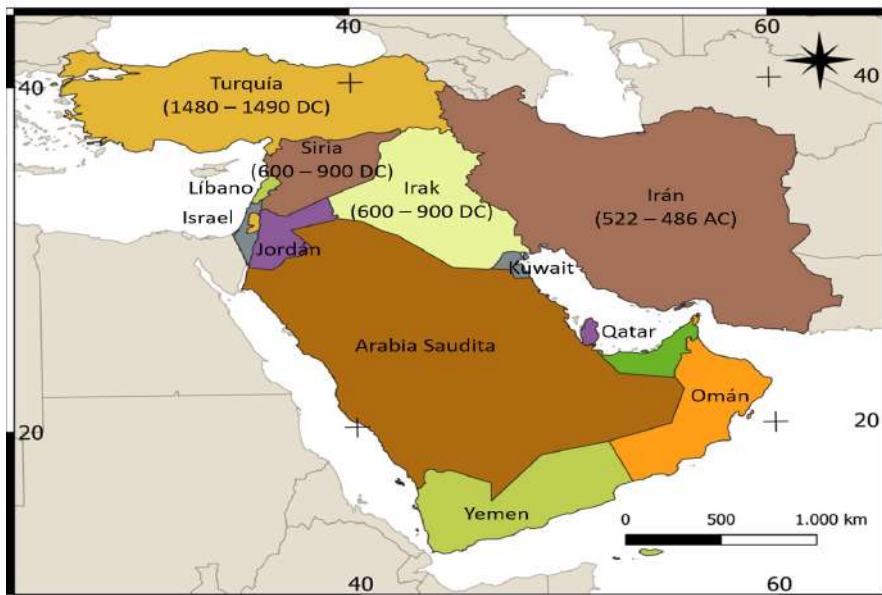


Figura 5. Primeras siembras de arroz en Asia Occidental.

Irán. La fecha de introducción del cultivo del arroz a Irán no es muy clara (Figura 5). Sin embargo, los primeros indicios de su presencia datan de comienzos del 2.000 a. C. en la planicie Kachi, en Pirak, al este de Irán. Otros datos provienen de Susa durante el Imperio Persa (Miller, 1981), donde se encontraron granos de arroz carbonizados e impresiones de restos de arroz en ladrillos, en varios sitios de la meseta del sur de Dez de Susiana, Juzestán, fechados 25 a. C. y d. C. 250 (Nesbitt, 2010; Miller, 2011), y una diseminación más tardía hacia el oeste (Zohary y Hopf, 2000). Sin embargo, la evidencia señala que a pesar que el cultivo de arroz pudo haber jugado un rol en la agricultura Persa-Sasaniana, ésta fue limitada y estuvo restringida a suelos bajos aptos para el cultivo en el sur de Mesopotamia y el suroeste de Irán (Nesbitt, 2010).

El origen del arroz encontrado en Irán está relacionado con su interacción cultural con India, entre Harappa y Mesopotamia en el período Aqueménida, probablemente en el siglo IV a. C. (Miller, 1981). Por esta razón se postula que el arroz de Irán posiblemente provino de la India (Miller, 1981; Nesbitt, 2010) y que incluyó a los arroces aromáticos (Kovach et al., 2009). Durante el período Aqueménida, el reino de Darío El Grande (522-486 a. C.) se extendió hasta el río Indo, donde pudo haber conocido e introducido el arroz a Irán (Sharma, 2010). Otra posibilidad es el ingreso del arroz a la parte occidental de Irán y Mesopotamia, a través de los comerciantes del este de Irán para su propio consumo (Muthukumaran, 2014).

En Irán, el arroz juega un papel importante en la dieta de la población, pero también en diferentes ceremonias como casamientos, fiestas (*Zereshk Polow*), funerales (*Kishmish Polow*) y celebraciones del año nuevo (*Sabzi Polow*, con pescado frito), platos tradicionales (*Nan Berenji*), pan y *Kooftah Berenji*, hecho de carne y nueces. Irán es la tierra de las variedades aromáticas 'sadri' que son únicas en el mundo (Nesbitt, 2010).

El 80 % del arroz se cultiva en dos provincias ubicadas en el norte del país, Guilán y Mazandarán, cerca del Mar Caspio y en menor medida en Zanyán, Golestán, Juzestán, Isfahán, Fars y Jorasán (Nesbitt, 2010).

Turquía. Una posible ruta de diseminación del arroz y su cultivo hacia el oeste fue desde la India a Irán y posiblemente desde allí a Turquía. El arroz estuvo disponible en el Bizantino Trebisonda en 1292, aunque era muy probable que haya sido importado a través del Mar Caspio (Faroqhi, 1993), ya que se menciona a la introducción del arroz al Imperio Otomano como una importante innovación tecnológica traída, probablemente, desde el sudeste europeo por los turcos (Hütteroth, 2006). De acuerdo a las estadísticas oficiales del Imperio Otomano, el arroz fue introducido alrededor de los años 1480 y 1490, en el valle de Maritsa y alrededor del año 1533 en el delta de Sofía (Figura 5) (Hütteroth, 2006).

En el Imperio Otomano predominaba la producción de granos como trigo y cebada y, en menor medida, el centeno y avena en algunas zonas de los Balcanes (parte oriental de Anatolia), junto a una pequeña superficie de olivos, arroz y hortalizas (Hütteroth, 2006). De acuerdo a esta información, el arroz se cultivó en pequeñas cantidades en el siglo XIV y en el siglo XV, en las localidades de Seres, Drama, Komotini, Verria y Menlik. Sin embargo, en el siglo XVI su consumo sufrió una mayor connotación social, pasando a ser un producto suntuario y de prestigio en la cocina de la clase alta (Adanir, 1989; Faroqhi, 1993), por lo que es probable que los oficiales del Imperio hayan ayudado a expandir su consumo (Faroqhi, 1993). Debido a esta situación, la élite decidió invertir para promover el cultivo del arroz. Es así como el arroz se empezó a sembrar en los valles cerca de los ríos y en las partes bajas de la costa, en Bey pazari cerca de Ankara, Boyabat cerca de Sinop, y en los suelos planos de Cukurova en Cilicia. La meseta de Antakya se llegó a convertir en una región arrocería y el valle del Maritsa, en los Balcanes, se llegó a transformar en un centro de producción de arroz (Adanir, 1989).

En este contexto, el Estado se encargó de difundir el cultivo a diferentes regiones del Imperio y a controlar en parte la producción (Hütteroth, 2006; Evered y Evered, 2016), con participación de las

poblaciones semi-nómadas (Inalcik, 1994). En el sur de Anatolia, a principios del siglo XVI, estas poblaciones compartían la crianza y la producción animal que se realizaba en las colinas con la agricultura de los suelos bajos, donde producían arroz y otros cultivos (Inalcik, 1994). En las siembras de arroz controladas por el Estado, éste distribuía y pagaba la realización de ciertas labores como el manejo del agua y la trilla, entre otras (Hütteroth, 2006). Por otro lado, los líderes tribales eran los encargados oficiales de la producción de arroz y de pagar el tributo al Sultán, estando sometidos a sus normas (Adanir, 1989). De la producción de arroz se separaba semilla para la próxima siembra y el resto se vendía en el mercado, donde un experto local fijaba el precio del producto. Del total recaudado se pagaba una parte al Sultán y el resto se distribuía entre los productores.

El Imperio regulaba el uso del agua, y también la cantidad de arroz que los agricultores podían sembrar (Inalcik, 1994). Dada esta situación, a finales del siglo XVII, la administración Otomana realizó grandes intentos para convertir la población nómada en sedentaria y, de esta manera, facilitar el cobro de impuestos (Inalcik, 1994).

En los centros urbanos otomanos había una gran demanda por el arroz. Era un ingrediente básico en la dieta y se servía especialmente en los hospitales, conventos y palacios reales. En la mayoría de las comunidades rurales y ciudades se consumía el plato llamado 'pilaf' (Evered y Evered, 2016). La difusión y el consumo del arroz en el Mar Negro, los Balcanes y en el sudeste de Europa siguió la huella del ejército Otomano (Evered y Evered, 2016).

A finales del Imperio Otomano, el cultivo del arroz empezó a tener un mayor control privado y fue controlado por personas influyentes. En el siglo XVIII, el arroz tuvo un aumento importante en la superficie cultivada, producto del establecimiento de grandes granjas en varias zonas de los Balcanes (Hütteroth, 2006). La expansión de los campos de arroz, en número y tamaño, permitió la sustitución de las importaciones de arroz desde Egipto e India. Posteriormente, debido a la aparición de la malaria (1880-1890) los campos de arroz sufrieron de constantes restricciones (Evered y Evered, 2016).

A partir de los últimos 30 o 40 años, el consumo del arroz aumentó en forma considerable (Sürek, 1997). Actualmente, la producción de arroz se realiza en casi todo el país, pero está concentrada principalmente en la parte occidental y norte, en las regiones del Mármara y del Mar Negro. Casi 100% de las variedades de arroz que crecen en Turquía son del tipo *japonica*. En 1970, se iniciaron las actividades de mejoramiento genético con el establecimiento del Instituto de Investigación Agrícola de Tracia (Cömertpay et al., 2016).

Diseminación hacia el Sudeste Asiático

El Sudeste de Asia es el 'corazón' del arroz, aunque su diseminación desde su centro de origen no está totalmente clara (Castillo y Fuller, 2010; Castillo, 2017). Una vez completada la domesticación de la planta de arroz en China (4000 a. C.), comenzó su diseminación a otras regiones (Fuller y Qin, 2009; Fuller et al., 2010; Silva et al., 2015). En este contexto, se puede considerar que varias olas de agricultores neolíticos de diferentes orígenes (Castillo et al., 2017; Cobo et al., 2019) migraron desde el sur de China hacia el Sudeste de Asia, lo que involucró intercambios culturales, y la introducción de arroz y el mijo como un paquete tecnológico (Gao et al., 2020). Tradicionalmente, se plantea que el arroz habría llegado al Sudeste de Asia entre el 4.500 y 4.000 a. C. (Higham, 2004) o en torno al 3.400 a. C. (Gao et al., 2020). Sin embargo, la fecha más aceptada para la presencia de arroz domesticado en el Sudeste Asiático está alrededor del 2.000 a. C. (Oxenham et al., 2015; Castillo et al., 2016b; 2017; 2018a). Por otro lado, el primer arroz cultivado en el sudeste de Asia fue de secano, a diferencia del arroz de riego utilizado en China (Fuller et al., 2011; Dal Martello et al., 2018), lo que se puede deber a la falta de adaptación del arroz de riego a las nuevas condiciones locales (Gao et al., 2020).

La información disponible señala que el arroz cultivado en tiempos prehistóricos en el Sudeste de Asia fue del tipo *japonica* (Castillo et al., 2016b). Sin embargo, la ruta de la llegada del arroz

al Sudeste de Asia es un tema que no está totalmente claro y actualmente se plantean diversas hipótesis (Higham, 2004; Fuller et al., 2010; Bellwood, 2011b; Bellwood et al., 2011; Hung et al., 2011). Un estudio reciente basado en arroces carbonizados encontrados en 128 sitios arqueológicos de China y el Sudeste de Asia, señala que el arroz pudo ser introducido a través de dos rutas: desde el sur de China, a través de la costa de Fujian, vía una ruta marítima y/o desde las regiones interiores del sudoeste de China, como Guangdong y Guangxi; y/o desde el sudoeste de China desde las planicies de Yunnan-Guizhou como un grupo de cultivos hacia el sudeste de Asia (Gao et al., 2020).

Tailandia. El arroz fue uno de los cultivos más importantes en la prehistoria de Tailandia, como lo demuestra la evidencia arqueológica (Castillo y Fuller, 2010; Castillo, 2011; Castillo et al., 2016b; d'Alpoim Guedes et al., 2020), ingresando posiblemente desde China (Figura 6). La información disponible ubica a los primeros movimientos de agricultores en tres sitios ubicados en la meseta de Khorat en el noreste de Tailandia, entre el 1.700 y el 1.500 a. C. (Higham et al., 2015; d'Alpoim Guedes et al., 2020).

En relación al sistema de producción utilizado, se ha podido determinar que los primeros cultivos en esta zona (sitios BNW y Noen U-Loke, NUL) fueron de arroz *japonica* y en condiciones de secano (Castillo et al., 2016a; d'Alpoim Guedes et al., 2020). Sin embargo, a partir de las edades del Bronce y del Hierro se ha detectado la presencia de arroz de secano y de riego en la zona (sitio Ban Non Wat, BNW), lo que significó, posiblemente, un cambio social y económico importante en la comunidad (Castillo et al., 2018a). Este sistema de transición mixto (400 a 200 a. C.), con siembras de arroz de secano y de riego, permitió aumentar la producción y reducir los riesgos climáticos, y pasar al sistema de arroz de riego a finales de la Edad del Hierro (Castillo et al., 2018a). La presencia del arroz en la Edad del Hierro (220 a 700 a. C.) también ha sido confirmada en el sitio NBJ (Weisskopf, 2016; Higham et al., 2014). A finales de este periodo se empezó a observar una mayor proporción de arroz tipo *indica*, lo que sugiere la presencia más tardía de este tipo de arroz a la zona, y un desarrollo diferente e independiente de la India, del arroz de riego de BNW y el de Khorat (Castillo et al., 2018a). Esta información ha sido confirmada por otros estudios realizados en la zona (Higham et al., 2014). Estudios de isótopos muestran un aumento en el consumo de plantas C3 durante la Edad del Hierro, especialmente en NUL, lo que se interpreta como una dependencia del consumo de arroz que coincide con la intensificación de la agricultura (King et al., 2013; 2014), y la presencia de algunas herramientas de trabajo como azadones y echonas, y de infraestructura de riego (Higham, 2014; Wohlfarth et al., 2016; Castillo, 2017).

Zona central de Tailandia. En la zona central de Tailandia (valle Khao Wong Pracham, KWD) se ha detectado también la presencia de arroz de secano y mijo (Weber y Fuller, 2008; Weber et al., 2010), con algún riego eventual producto de inundaciones, debido a la ausencia de infraestructura de riego (d'Alpoim Guedes et al., 2019). Aparentemente, el arroz fue introducido a esta zona durante la Edad del Bronce (700 - 500 a. C.), llegando a tener una mayor importancia en la Edad del Hierro (500 a 200 a. C.). También se habría incorporado a Dvaravati (500 - 900 a. C.) en el valle del río Chao Phraya provincia de Lopburi (d'Alpoim Guedes et al., 2019; 2020), llegando a convertirse en un cultivo dominante en el primer milenio antes de Cristo. Esta situación produjo un aumento del consumo de arroz, una reducción de la importancia del mijo y del sistema de producción de arroz de secano (Weber et al., 2010).

De acuerdo al tamaño del grano del arroz encontrado, se podría concluir que el arroz producido en esta época fue del tipo *japonica* tropical (Weber et al., 2010; d'Alpoim Guedes et al., 2020) y con un pequeño porcentaje de arroz tipo *indica* (d'Alpoim Guedes et al., 2019). Estos resultados concuerdan con otras investigaciones realizadas en otras zonas de Tailandia (Castillo y Fuller, 2010; Castillo et al., 2016a; 2016b; 2018a) que señalan que la adopción del arroz *indica* no fue inmediata por parte de la población (d'Alpoim Guedes et al., 2019).

La evidencia más temprana de arroz domesticado en el subcontinente del Sudeste Asiático, proviene del sitio Khok Phanom Di (KPD), entre 2.000 y 1.500 a. C., ubicado en la costa de Tailandia, donde el arroz se cultivó cerca de los pantanos o con riegos eventuales provenientes de las inundaciones na-

turales. Bajo estas condiciones, el consumo de arroz estuvo integrado a una economía de subsistencia que incluía los recursos que provenían de los manglares ubicados cerca de sus asentamientos. En las fases tempranas de desarrollo de estas comunidades, el arroz se obtenía por intercambio con otras regiones, pero posteriormente fue adoptado como cultivo (Sarjeant, 2014; Castillo et al., 2017).

Península tailandesa-malaya. Un estudio realizado en dos centros de intercambio de productos (Khao Sam Kaeo, KSK y Phu Khao Thong, PKT) en la ruta de la seda marítima, ubicados en la península tailandesa-malaya, señaló que el arroz era el principal cereal en esta región y que posiblemente se cultivó bajo condiciones de secano en colinas y en terrenos con pequeñas pendientes durante la Edad del Bronce hasta comienzos de la Edad del Hierro (Castillo, 2011). Esta situación contrasta con lo observado en China, en el mismo período, donde el arroz era cultivado en suelos planos y de riego. Debido a esta situación, se plantea que el sistema de arroz de riego no se introdujo a esta región sino hasta el último siglo antes de Cristo (Castillo et al., 2016a).

El arroz cultivado en esta zona era del tipo *japonica* (Castillo et al., 2016a), lo que implica que en los primeros contactos entre la población de la península y la India no se introdujo el arroz tipo *indica* al Sudeste Asiático (Castillo, 2011), y que posiblemente se priorizó la introducción de otras especies que no existían en la zona (Castillo et al., 2016a).

Un estudio genético de arroces fechados entre 2.500 y 1.500 a. C., señaló la presencia de arroz *japonica* en todas las muestras tailandesas analizadas, provenientes de sitios ubicados en la provincia de Nakon Ratchasina y de la Península Tailandia y Malaya. Estos datos confirmaron también la información anterior, basada en mediciones morfológicas del grano, que indicó que el arroz *japonica* (Castillo et al., 2016a) había sido cultivado y consumido entre el 400 y 100 a. C. en la parte sur de la península (Castillo, 2011; Castillo et al., 2016a). Además, confirmó que el arroz tipo *indica* fue introducido a Tailandia en los primeros siglos a. C., lo que pudo estar relacionado con la presencia de un cultivo más intensivo y la formación del Estado Indio (Castillo y Fuller, 2010; Castillo, 2011; Castillo et al., 2018a).

Por otro lado, es probable que el arroz *japonica* tropical haya sido introducido tempranamente a las islas del Sudeste Asiático, desde la península tailandesa-malaya (Castillo, 2017). Aparentemente, el sitio KSK fue el punto de contacto desde el sur de Asia hacia el oeste y Asia del este, y las islas del Sudeste de Asia en el este. Otro análisis realizado en el sitio Khao Sek, cercano a KSK, también señaló la presencia de algunos restos de arroz, lo que permite confirmar que esta población conoció y consumió el arroz (Castillo, 2018).

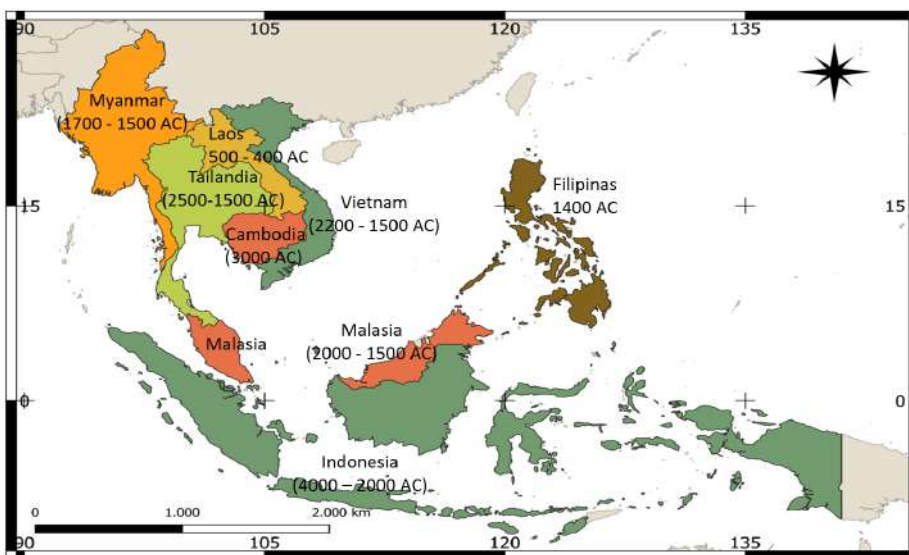


Figura 6. Primeras siembras de arroz en el Sudeste de Asia.

Vietnam. Aparentemente, las primeras poblaciones neolíticas que llegaron al sur de Vietnam, introdujeron el cultivo de arroz y mijo a la zona, entre el 2.200 y el 1.500 a. C. (Bellwood et al., 2011). Por otro lado, el asentamiento neolítico más antiguo en el norte de Vietnam, con evidencias de arroz *japonica*, está fechado alrededor del 2.000 a. C., representado por la Cultura Phung Nguyen (Bellwood et al., 2011).

Sur de Vietnam. La primera evidencia de la presencia del arroz en el sur de Vietnam proviene de la población Rach Nui, ubicada cerca del mar, entre el 1.500 y 1.300 a. C. (Castillo et al., 2017). La estrategia de consumo incluía recursos obtenidos de la pesca, caza y colecta (Oxenham et al., 2015; Castillo et al., 2017). Sin embargo, no existe evidencia que el arroz *japonica* encontrado se haya cultivado en esta zona o sus alrededores, por lo cual es muy probable que haya sido producto de un intercambio con otras comunidades (Castillo et al., 2017). Una situación similar fue encontrada en An Son, ocupado entre 2.300 y 1.200 a. C. (Bellwood et al., 2011). En este caso, los análisis genéticos demostraron que el arroz detectado (1.500 a. C.) pertenecía al arroz tipo *japonica* (Castillo et al., 2016b), con procedencia China (Zheng et al., 2016).

Norte de Vietnam. La presencia de arroz en varios sitios arqueológicos de esta zona, entre ellos Man Bac asociado a la cultura Phung Nguyen (2.000 a. C.), señala que el arroz era un producto bastante común para los vietnamitas y que estaba distribuido ampliamente. El tipo de grano encontrado era bastante variable en tamaño y forma, y estaba asociado a herramientas relacionadas con el cultivo del arroz (Huong, 2017).

Camboya. En Camboya no existe información de cuando se introdujo el arroz ni cuando empezó a cultivarse en el país, aunque se postula que el arroz tipo *indica* se podría haber empezado a cultivar en sitios inundables del centro de Camboya a principios del 3.000 a. C. (Vanna, 2002) y que la tecnología utilizada fue importada desde la India. Aparentemente, en el siglo XII a. C. se cultivaba arroz tipo *indica* en las terrazas de Leper King (Castillo, 2017). En esta época se construyó una gran infraestructura de riego que incluyó canales de regadío y tranques de acumulación de agua para fines productivos y rituales (Helmets, 1997).

Durante los siglos XIV a IX a. C. se desarrolló el período Angkoriano, cuya economía estuvo basada en el cultivo del arroz. El análisis de restos arqueológicos de un lugar cercano al Palacio Real Angkor Thom, entre los siglos XV y XIV a. C., detectó restos de una serie de cultivos donde dominaba el arroz (Castillo et al., 2018b). El análisis de los restos de arroz encontrado señaló la presencia de un alto porcentaje arroz domesticado, del tipo *indica*, aunque la presencia de aristas podría señalar la persistencia de granos tipo *japonica* (Castillo et al., 2018b).

Laos. Desde el siglo IV al III a. C. el arroz fue cultivado por pequeños agricultores, usando escasa tecnología a lo largo de la ribera de los ríos (Schiller et al., 2006). En Laos, el cultivo de arroz de riego está asociado con el grupo étnico Tai, proveniente del sur de China. En su migración desde China, este grupo étnico llevó el cultivo del arroz de riego, además de Laos, a Tailandia y a la parte alta de Myanmar. Esta situación permite suponer el cultivo temprano de arroz en varias provincias de Laos, como Vientiane, Khammouane y Savannakhet. Por otro lado, la existencia de canales de riego y acumuladores de agua en la parte sur de la provincia de Champassak, sugiere también que el cultivo de arroz de riego fue el principal sustento de la población, durante el período Khremer, desde el siglo XI al V. En este contexto, es importante señalar también que el grupo étnico Hmong y Mien (Yao), introdujo el cultivo de arroz de secano a Laos, entre los siglos XX y XIX (Schiller et al., 2006).

Malasia. La llegada del arroz al archipiélago de Malasia estuvo asociada a la difusión de población malayo-polinésica, entre el 2.000 y 1.500 a. C. Se postula que esta población se desplazó al norte de Japón, llevando el cultivo de riego del arroz con ellos o, probablemente, hacia el sur y el occidente a Palawan (200 a. C.), Sarawak (500 a. C.), Sumatra (1.000 a. C.), Tailandia, Vietnam y Camboya. Sin embargo, no existe evidencia directa que pueda comprobar esta información (Hill, 2012).

Islas del Sudeste de Asia. La planta de arroz domesticada estuvo ausente de la agricultura en las islas del Sudeste Asiático con anterioridad al 3.000 a. C. (Denham, 2013). La información disponible

señala que el inicio de la agricultura en esta zona se basó en plantas que fueron cultivadas y domesticadas en las islas y en Nueva Guinea, como son los tubérculos y árboles nativos. Esta situación se mantuvo sin mayores cambios hasta el advenimiento del Neolítico, con excepción de la inclusión del arroz como un cultivo secundario. Así se refuta la hipótesis de la introducción de prácticas de cultivo a las islas del Sudeste Asiático desde Taiwán alrededor de 4.500 y 4.000 años atrás (Denham, 2013).

Indonesia. Indonesia tiene una amplia cultura arroceras y el origen de uno de los tipos de arroz clasificado como *javanica* (Oka, 1988), cultivado en Java durante el siglo IX a. C. (Castillo, 2017), clasificado hoy como *japonica* tropical (Garris et al., 2005). Actualmente, este arroz se encuentra presente principalmente en Indonesia, en los suelos altos de Taiwán, y en las montañas de la cordillera de Filipinas, a diferencia del tipo *indica* que está distribuido en los suelos bajos en el Sudeste de Asia (Castillo, 2017).

A pesar de la importancia del arroz en Indonesia, no existe información precisa sobre la introducción del cultivo a esta zona. Algunos datos señalan que el primer sistema de cultivo de arroz en la zona occidental de Indonesia (5.000 a 3.000 a. C.) se realizaba en las colinas o en suelos con pendiente suave y se basaba en la quema de la vegetación y la posterior siembra mixta de arroz y mijo por unos años, la que luego se abandonaba para iniciar este ciclo en otro lugar (Bellwood, 1997). En este sistema, los agricultores usaban las cenizas de los volcanes como fertilizantes (Wisseman, 2007). Las actividades volcánicas y las necesidades de un mayor intercambio de productos llevaron a la población a instalarse en los suelos bajos y adoptar el cultivo de arroz de riego que le proporcionaba la oportunidad de utilizar suelos más fértiles y obtener una mayor producción y estabilidad. A pesar de esta situación, el sistema de arroz de riego llegó a adquirir importancia sólo a comienzos del siglo X a. C. (Wisseman, 2007).

Por otro lado, se señala la presencia de arroz en el noroeste de Borneo, alrededor del 4.000 a. C. y en Bali el 2.000 a. C. (Bellwood et al., 1992). A finales del período neolítico, los agricultores arroceros de Java y Bali se establecieron, primero en suelos con pendientes suaves ubicados entre 50 y 400 m sobre el nivel del mar y cerca de los volcanes, en vez de la costa (Wisseman, 2007). Dada las similitudes de condiciones de suelo y clima de Bali y Java, las fechas pueden ser muy similares, aunque la llegada del arroz *japonica* a Bali pudo haber ocurrido alrededor del siglo II a. C. (Castillo y Fuller, 2010; Castillo, 2011).

La información disponible en el siglo IX a. C. señala que el arroz era el principal cultivo de subsistencia de las islas, que se intercambiaba en el mercado y era una base importante de los impuestos. Durante este siglo, se cultivaba arroz *japonica* tropical y no el tipo *indica*, a pesar de los contactos de Java con India, especialmente en el primer milenio (Castillo, 2017). En esta época, los sistemas de cultivo de arroz de riego y secano ya estaban establecidos, y el Estado se mostraba muy interesado en promover el cambio de la agricultura de secano a un cultivo más intensivo de arroz de riego (Wisseman, 2007).

Un estudio reciente realizado en una muestra de arroz del siglo IX a. C. de la población *javanica* del reinado de Mataram, Java Central, identificó al arroz recuperado como *japonica* tropical, (Castillo, 2014), similar al tipo de arroz cultivado en la península tailandesa-malaya un milenio antes. Estos datos demuestran que, a pesar de los contactos de los pobladores de Java con India, se continuó sembrando arroz *japonica* tropical en la zona durante el primer milenio a. C. (Castillo, 2017).

Filipinas e Islas Batanes. La evidencia arqueológica más temprana de arroz en Filipinas se encuentra en Andarayan, ubicado en el Valle Cagayán, con anterioridad a 1.400 a. C. En este sitio se encontró una mezcla de arroz silvestre y cultivado, lo que indicaría que el arroz no estaba totalmente domesticado y que su cultivo se realizaba bajo condiciones de secano, utilizando el sistema de producción de quema de la vegetación existente, siembra del cultivo por algunos años y abandono del lugar (Snow et al., 1986).

Un estudio detectó la presencia de arroz y mijo en las Islas Batanes y el norte de Luzón, traídos probablemente desde Taiwán, alrededor del 2.800 a. C. (Bellwood y Dizon, 2005; Hung, 2005). Un aspecto característico del cultivo de arroz en Filipinas es la siembra de arroz en terrazas. Un estudio realizado sobre este tipo de cultivo en el norte de Filipinas (Ifugao) y el uso del riego, señaló que este sistema de cultivo había nacido como una respuesta de escape de la población filipina que trabajaba en los suelos bajos, a los conquistadores españoles entre los años 1.600 y 1.800. Este cambio de sistema de cultivo le habría permitido a esta población escapar del dominio español, afirmar su identidad étnica y enfrentar, de esta manera, la mayor demanda de alimentos de esta población (Acabado et al., 2014).

Diseminación a Oceanía

Papúa Nueva Guinea. La agricultura en Papúa Nueva Guinea empezó, posiblemente, en el año 7.000 a. C., con la domesticación de varias especies (Bourke, 2009; Denham, 2011), lo que continuó con la introducción de otras nuevas (Bellwood, 2011b). Sin embargo, la introducción del arroz a la isla ocurrió recién alrededor del 1.900 (Figura 7), con la llegada de exploradores europeos, asiáticos y de las islas del Pacífico (Bourke, 2009).

Australia. El arroz fue introducido al norte de Australia por inmigrantes asiáticos, alrededor de 1426 (Figura 6), aunque se menciona también a los buscadores de oro chinos como responsables de la introducción del arroz en la parte sur de Australia (Falvey, 2010). En este aspecto, se señalan dos razones por las cuales las migraciones malayo-polinésicas no habrían sido capaces de introducir el arroz a Oceanía: 1) la migración desde Filipinas vía las Marianas hacia Bismarck, habría tomado una ruta muy larga y difícil para ser exitosa; y 2) la diseminación del arroz hacia el sudeste, a través de Indonesia, no pudo continuar debido a la resistencia de la población Papuana, dominante en aquella época en Nueva Guinea, y que no tenía interés en adoptar el arroz como alimento, ya que poseía otras fuentes indígenas para ello (Bellwood, 2011a; 2011b).

A finales del siglo XIX se realizaron varios intentos por cultivar arroz en Australia, sin buenos resultados, hasta 1850 cuando la primera siembra de arroz tuvo éxito en el norte de Queensland, norte de Australia. Para apoyar esta actividad se desarrolló una pequeña industria en la zona, pero al poco tiempo el cultivo de arroz fue desplazado por la siembra de la caña de azúcar (Falvey, 2010).

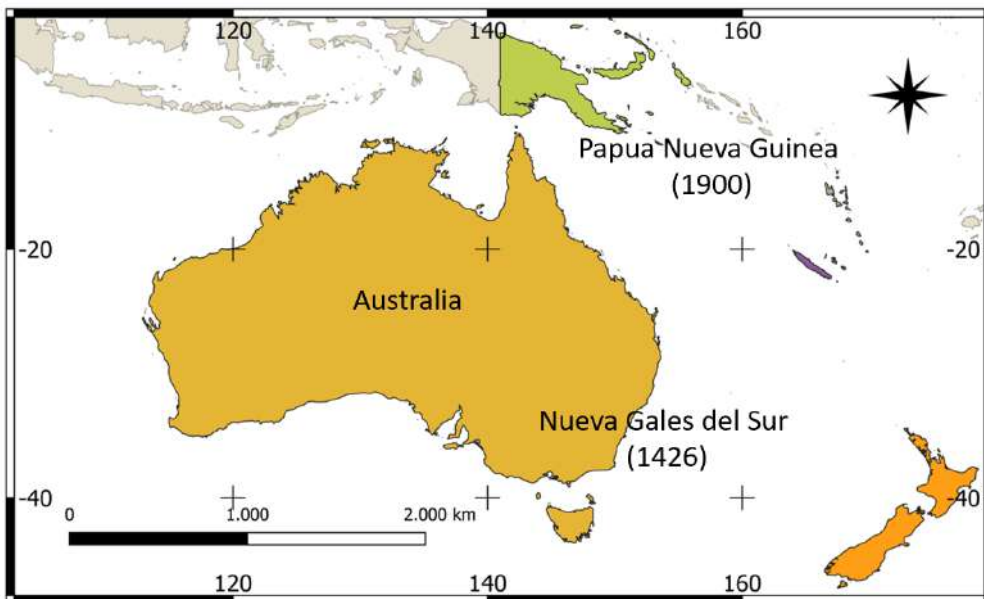


Figura 7. Primeras siembras de arroz en Oceanía.

A principios del siglo XX, el cultivo de arroz bajo riego se empezó a producir en la zona sur de Australia con buenos resultados. En el año 1914, el Gobierno de Victoria asignó una superficie de 80 ha en la localidad de Swan Hill, cercana al Río Murray, para demostrar la factibilidad de la producción de arroz en la zona. En esta oportunidad se utilizó semilla de arroz tipo *japonica*, introducida por el empresario Takasuka desde Japón (Falvey, 2010).

En el año 1915 se estableció la primera Estación Experimental Gubernamental de Arroz en Yanco, en 1920 se importaron variedades de arroz *japonica* desde California y en el año 1922 se ofreció esta semilla a los agricultores. En 1924 se realizaron las primeras siembras comerciales de arroz alrededor de la ciudad de Leeton y Griffith, con la semilla traída desde California por el Gobierno de Nueva Gales del Sur.

En 1928, el programa de mejoramiento genético de arroz empezó a producir variedades y comenzó a operar la industria arrocera australiana. Entre 1927 y 1928, la producción arrocera nacional abasteció las necesidades de la población australiana. Después de la Segunda Guerra Mundial, la zona de cultivo de arroz se extendió a otras localidades de la isla y el desarrollo del cultivo de arroz continuó con el establecimiento de 'Rice Marketing Board' y la empresa SunRice (Falvey, 2010).

Diseminación del arroz desde su centro de origen hacia Europa

La llegada de la agricultura a Europa se debió a varias migraciones de agricultores (Rowley-Conwy, 2011) y su producción estuvo restringida sólo a algunos países del sur. La fecha de introducción del cultivo de arroz a Europa no está muy clara. Sin embargo, la información disponible señala que su primer uso fue medicinal (control de dolor intestinal y lombrices) y en preparaciones cosméticas. El cultivo de arroz fue introducido a Grecia por Carlo Magno en el regreso de sus expedicionarios de la India en el 340 a 320 a. C. Más tarde, los árabes lo habrían introducido a España, Portugal e Italia. Sin embargo, sólo en los siglos XV y XVI, el cultivo de arroz se habría establecido en Europa (Khush, 1997; Spada et al., 2004). Los cultivares sembrados en Europa son principalmente del tipo *japonica* templado, aunque hoy día se cultiva una proporción menor de arroz tipo *indica* (Courtois et al., 2012).

El arroz ha recibido varios nombres dependiendo de las diferentes poblaciones. Es así como en latín se denomina 'Oryza', los griegos lo llamaban 'oruza', los árabes 'Eruz' o 'Erouz' y los españoles 'arroz' (ar-rozz) (Figura 8).

Bulgaria. La información disponible de su cultivo data desde el siglo XIV. Las principales regiones arroceras en Bulgaria son Plovdiv and Pazardjik dada su proximidad a los ríos Maritsa, Gaiolnitsa y Chaia (Boyadjiev, 1996).

España. El arroz fue introducido a España por los moros durante la dominación de la península Ibérica (Sermet, 1953b; Crist, 1957). En sus inicios, el cultivo estuvo circunscrito al territorio valenciano (Crist, 1957; Calatayud, 2002). Aunque Valencia fue una colonia de poca importancia bajo el período romano, durante la presencia árabe evolucionó rápidamente, para transformarse en un gran centro agrícola, debido a la disponibilidad de suelos agrícolas fértiles bien regados y drenados, y al uso potencial de los suelos de pantanos. Estas características estimularon el establecimiento de la industria del arroz, la seda, el cáñamo, el papel y la cerámica (Crist, 1957).

Aparentemente, el arroz se empezó a cultivar en la zona baja del río Júcar, en Valencia, alrededor del siglo XIII, sobre el cual se estableció un impuesto (Sermet, 1953b). El cultivo del arroz estuvo asociado a pequeñas superficies de propietarios, arrendatarios y medieros, donde se podían obtener de dos a tres cosechas al año, dependiendo de la disponibilidad de agua y sistema de cultivo. La siembra y la cosecha del arroz se realiza con personas provenientes de otras regiones de España (Crist, 1957).

En el período de 1898 a 1910, Valencia llegó a sembrar el 80 % de la superficie total de arroz de España, lo que se debió, principalmente, a la incorporación de nuevos suelos arroceros en la zona del delta del Ebro y las marismas del Guadalquivir, producto de una legislación que apoyaba la desecación de los 'humedales'. Sin embargo, a partir de 1930 se produjo una disminución de la importancia del arroz en Valencia, como producto de la mayor producción en otras zonas de España (Crist, 1957). Es así como en el período 1921/1930 se empieza a producir arroz en la provincia de Sevilla (Calatayud, 2002) que poseía buenas condiciones de clima y suelo y se podía incorporar el cultivo de arroz con cultivos de trigo y avena, como una manera de diversificar el sistema de producción de esa zona (Crist, 1957).

A finales de la década de 1930 la producción de arroz llegó a ser muy importante en el Delta del Ebro (Dobby, 1938). La siembra del cultivo comenzaba con la quema del rastrojo de la temporada anterior y la preparación del suelo que incluía el paso de la 'tabla valenciana' (trozo de madera con puntas de fierro) para moler los terrones. El sistema de siembra era de almácigo y trasplante. La semilla utilizada provenía de la siembra anterior o era importada del norte de Italia, por su mayor tolerancia al frío. La plantación se realizaba con plantas de 20 cm de altura, colocando tres a cuatro plantas a una distancia de 25 cm. La fertilización era con guano animal y el control de malezas era realizado principalmente por las mujeres. La cosecha se realizaba en forma manual, sin esperar que la panoja estuviera completamente seca para evitar el desgrane (Dobby, 1938). Las empresas molineras proveían la infraestructura necesaria para el secado, almacenaje y elaboración del arroz, además del financiamiento para la compra de semilla, fertilizantes y preparación del suelo, lo cual era deducido del valor del producto cosechado (Crist, 1957).

A pesar de esta situación, el desarrollo del cultivo de arroz no estuvo exento de conflictos derivados de su posible relación con la malaria y el paludismo. Debido a esta situación, en el año 1562 la siembra del arroz fue prohibida cerca de las ciudades (Crist, 1957). Posteriormente, en el siglo XVIII y principios del XIX la siembra de arroz se podía realizar solamente si se tenía una concesión oficial (coto), de lo contrario era considerada ilegal (Sermet, 1953b). Esta reglamentación de 'cotos arroceros' terminó a fines del siglo XIX (Calatayud, 2002).

Actualmente, las principales regiones productoras de arroz en España son Cataluña, Valencia, Aragón, Andalucía y Navarra. España tiene tradición de consumo de arroz de grano medio con panza blanca, que se utiliza para la preparación de la paella (Ballesteros, 1997).

Portugal. El arroz fue introducido a Portugal en el siglo X por los moros (Jayamami et al., 2007; Courtois et al., 2012), iniciándose las primeras siembras experimentales en el reinado de Dom Diniz (1279-1325), pero sin éxito. Sin embargo, otra información señala la presencia del arroz en Portugal en el siglo XIV (Benoliel, 1928) o a comienzos del siglo XVIII en la región del estuario del Tejo (Baeta, 1997).

En los primeros momentos, el arroz no fue un alimento básico para la población portuguesa y el arroz consumido era importado de otros países. Es así como, a finales del siglo XV, Portugal importaba el arroz de la República de Guinea y a finales del siglo XVII lo compraba a Italia y a Carolina del Sur. Posteriormente, por razones económicas empezó a importar arroz desde su colonia en América del Sur, y ya entre 1767 y 1781 Portugal obtenía todo el arroz necesario para su consumo desde Brasil. Posterior a la independencia de Brasil, Portugal comenzó a incentivar la producción de arroz en su territorio. A partir de 1843 y sobre todo a partir de 1851, el cultivo del arroz en Portugal empezó a tener un mayor desarrollo, especialmente en el distrito de Coimbra, donde se llegó a tener una superficie sembrada de 1050 ha, en el año 1867 (Benoliel, 1928). Sin embargo, dada la asociación del cultivo de arroz con la malaria, a comienzos del siglo XIX el cultivo del arroz fue prohibido en varias partes del país, hasta que fue regulado oficialmente y relegado a lugares alejados de los centros poblados (Benoliel, 1928; Carney, 2004).

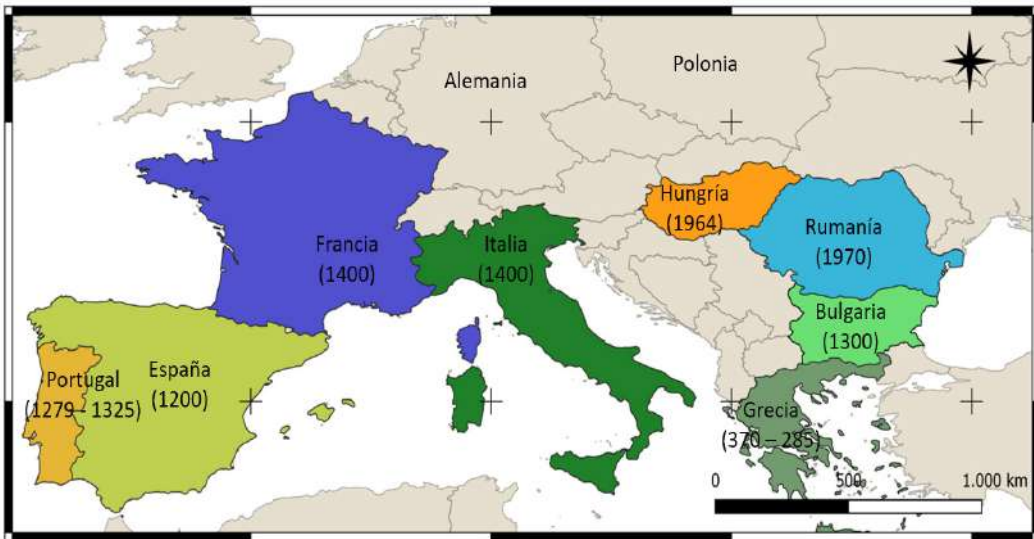


Figura 8. Primeras siembras de arroz en Europa.

Alrededor de 1930 se empezaron a establecer los primeros centros importantes de producción de arroz en varias regiones del país (Baeta, 1997; Jayamani et al., 2007), como en la zona norte en los valles de Vouga (distrito de Aveiro) y Mondego (distrito de Coimbra); zona central en los valles de Río Tajo y Sorraia (distrito de Santarem); y en la zona sur con arrozales del Sado (distrito de Setubal). La producción nacional, incluía el ‘arroz blanco’ de buena calidad que competía con el arroz extranjero, y el ‘arroz país’ o ‘arroz rajado’ (de color rojo), cultivado en los arrozales de Aveiro y Coimbra, destinado a abastecer los mercados locales, donde obtenía un precio superior al arroz blanco (Benoliel, 1928). En 1950, se sembraban, principalmente, variedades españolas (‘Bomba’, ‘Tremesino’, ‘Benlloch’, ‘Sollana’) e italianas (‘Vialone negro’, ‘Maratelli’, ‘Allorio’) en siembra directa y trasplante, y con el uso de una escasa tecnología (Sermet, 1953a).

Actualmente, la producción de arroz se realiza en la cuenca de Beira, río Mondego, río Sado y en los tributarios del río Tajo (Baeta, 1997). El arroz producido en Portugal corresponde a un grano redondeado, tipo Carolino, y un grano largo fino, donde el germoplasma portugués está constituido por 80 % de arroz *japonica* y 20 % de arroz tipo *indica* con ‘acervo genético’ *japonica*. En Portugal, el programa de mejoramiento genético fue discontinuado a mediados de 1980 y restablecido en el año 2004 (Jayamani et al., 2007).

Francia. El arroz fue introducido en el sur de Francia por los árabes, posiblemente en el siglo XV (Lami, 1952). Sin embargo, su mayor diseminación ocurrió cuando se ordenó el establecimiento de campos de arroz en Camarga, en 1593 (Beaux, 1975). En la década de 1840, se estableció el primer campo de arroz en el ‘campo de Paulet’, para combatir la salinidad que amenazaba convertir a Camarga en un desierto y contener las inundaciones del Ródano (<https://www.camargue.fr/site/rizcanavere/histor.html>). Hasta 1930, el cultivo del arroz se utilizó principalmente para desalinizar el suelo, prepararlo para el uso de otros cultivos como la vid, complementar la dieta de los animales y regular las inundaciones del río (<http://www.fao.org/rice2004/en/p5.html>).

Durante la Segunda Guerra Mundial, el arroz pasó a ser un alimento importante para la población y aumentó su producción (Beaux, 1975). Entre 1941 y 1948, el gobierno francés envió a cientos de vietnamitas de su colonia a trabajar en el cultivo del arroz en Camarga, lo que permitió la alimentación durante este período de escasez con el llamado ‘Oro blanco’. En el año 1942 se sembraron 240 ha, pero su despegue en 1945 fue gracias a la aplicación del Plan Marshall que permitió la construcción de obras hidráulicas y la compra de equipos esenciales para desarrollar un cultivo intensivo. La superficie sembrada aumentó rápidamente de 400 ha en 1944, a 3.000 ha en 1945 y a 30.000 ha en

la década de 1960. En el año 1986 se creó el Centro Francés del Arroz (CFR) que empezó a realizar la investigación en el área. Este centro es dirigido por un comité directivo compuesto por agricultores, industriales, compañías de alimentos y centros de investigación como el INRA y el CIRAD (CFR, <http://www.centrefrancaisduriz.fr/>).

En 1986 la zona de Camarga fue designada como un sitio Ramsar, Humedal de importancia internacional. Posteriormente, se estableció oficialmente como un parque regional y reserva natural, y en el año 2000, el arroz de Camarga obtuvo la Indicación Geográfica Protegida de Europa (European Protected Geographical Indication, PGI), que garantiza el origen, la calidad y trazabilidad de su producción (<https://isrfg2016.cirad.fr/content/>). Hoy, la producción de arroz en la región de Camarga se realiza con variedades del tipo *japonica* y, con un menor porcentaje, del tipo *indica* (Chataigner y Mouret, 1997).

Italia. El arroz en Italia fue introducido en varias oportunidades: por los árabes (Piacco, 1959), por el comercio de los venecianos (Cai et al., 2013), y por los españoles al norte de Italia (Robertson, 1935). Sin embargo, los primeros documentos oficiales ubican la introducción de arroz a Italia a finales del siglo XIV o mediados del siglo XV (Robertson, 1935; Efferson, 1952; Mongiano et al., 2018) en el Reino de Nápoles, lo que se relaciona con la presencia española en la segunda mitad del siglo XV, debido a la unión entre la familia de Aragón (reyes de Nápoles) y la familia Sforza, duques de Milán (Piacco, 1959; Faivre-Rampant et al., 2011). A pesar de esta situación, en los primeros tiempos el arroz fue considerado por su valor medicinal, cosmético y agente espesante, por lo que era muy caro e importado en pequeñas cantidades desde la India y no como un alimento para la población.

En el año 1468 se estableció el primer campo arrocerero en Lombardía. Años más tarde, en 1475, el Duque de Milán, Galeazzo María Sforza, envió una carta junto a un saco de arroz al Duque de Ferrara como regalo, indicándole que podría cosechar 12 sacos si cultivaba el arroz adecuadamente (Caimo, 2019). El buen rendimiento del arroz en esa época se difundió rápidamente y permitió su siembra en las zonas pantanosas del valle del río Po y en otras áreas como Mantua, Verona, Vicenza y Treviso. A principios de siglo XIV había 5.000 ha de arroz sembradas, las que habrían aumentado a 50.000 ha para mediados del siglo XVI (<http://enterisi.it/servizi/>).

Lamentablemente, la expansión del cultivo de arroz coincidió con el aumento de la malaria, lo que llevó a tomar medidas para limitar la superficie sembrada y autorizar su siembra fuera del límite de las ciudades. A pesar de estas restricciones, las ventajas económicas que ofrecía el cultivo permitieron mantener la producción de arroz. Desde el Valle del Po, el cultivo de arroz se dispersó lentamente a la zona de Emilia y la Toscana. A principios del siglo XVIII, ya se sembraban alrededor de 20.000 ha en el territorio de Milán, las que aumentaron a más de 30.000 ha en los campos del territorio de Vercelli, un siglo más tarde. Posteriormente, la producción de arroz se concentró en las provincias de Vercelli, Novara y Pavia, seguido por Mantua, Verona, Vicenza, Padua, Reggio Emilia, Módena, Rovigo y Ferrara, con pequeñas superficies en Grosseto y en Toscana. Durante la Gran Depresión del 1929, los agricultores arroceros sufrieron una crisis que los llevó a la formación, en 1931, del 'Ente Nazionale Risi' que desde entonces ha apoyado el desarrollo técnico-económico del cultivo de arroz (<http://enterisi.it/servizi/Menu/>).

El desarrollo de variedades ha seguido también varias etapas en Italia. Comenzó en el siglo XVII con una fase de pre-mejoramiento y el uso de la selección masal como principal método de mejoramiento. Hasta la mitad del siglo XIX, se cultivó sólo la variedad 'Nostrale' que era una mezcla de diferentes tipos de plantas, susceptible a la tendadura y a *Magnaporthe grisea* (Mongiano et al., 2018). En 1839 el padre Jesuita Calleri importó, desde Filipinas, 43 variedades las que empezaron a evaluarse en diferentes regiones de Italia. Posteriormente, este germoplasma sirvió de base para el desarrollo de nuevas variedades italianas. Sin embargo, el periodo de mayor progreso tecnológico se alcanzó cuando los agricultores vercelleses, junto a Benso Cavour y Vercelli, construyeron en 1853 uno de los sistemas más grandes y eficientes de riego (Caimo, 2019). Esta estructura compleja

fue mejorada en el año 1866, con la construcción del canal Cavour que permitía la transferencia de agua desde los ríos Po, Dora Baltea, Sesia, Ticino y el lago Maggiore (Robertson, 1938; Efferson, 1952). Algunas de las variedades sembradas entre 1850 y 1927 fueron 'Agostano', 'Allorio', 'Americano 1600', 'Bertone' y 'Fulgente', entre otras (Mongiano et al., 2018)

A mediados del siglo XIX, la zona norte de Italia tenía una baja productividad y producía trigo, maíz, arroz en Lombardía y Piemonte, y praderas en la cercanía de fuentes de agua. Sin embargo, en los años 1880 la competencia en trigo y maíz con U.S.A. y Birmania por el arroz, afectó económicamente a la zona. Esta crisis dio como resultado un aumento de la producción fruto del mejoramiento de la tecnología (maquinarias) y mayor uso de insumos como fertilizantes y nuevas variedades (Robertson, 1935; 1938).

La creación, en 1808, de la 'Stazione sperimentale di risicoltura' en Vercelli, significó un punto de inflexión en el mejoramiento de la calidad de las variedades producidas y utilizadas, trabajo que fue reforzado con la colaboración del 'Ente Nacional de Risi'. Esta situación permitió comenzar la realización de cruzamientos y la selección de nuevas variedades, por lo que la antigua estación experimental de Vercelli se transformó en una sección especializada del 'Istituto nazionale di cerealicoltura' (Caimo, 2019). En 1870 se sembraron las variedades 'Ostiglia', 'Bertone', 'Novarese', 'Francone' y 'Giapponese'. En 1903 se desarrolló la primera variedad italiana producto de selección masal (Mongiano et al., 2018). Posteriormente, se introdujeron desde Asia y otros países, nuevos germoplasmas (Mantegazza et al., 2008) como 'Originario Chinese' en 1904, 'Lady Wright' en 1925, 'Thaibonnet' 1992 (Spada et al., 2004). Luego se realizó una nueva importación de germoplasma desde Japón, India y China, para combatir el hongo *Magnaporthe oryzae*, principal problema sanitario del arroz de esa época, todo lo cual contribuyó a formar el germoplasma que sirvió de base para el desarrollo de las variedades italianas (Spada et al., 2004; Faivre-Rampant et al., 2011; Cai et al., 2013). Un estudio genético posterior confirmó que el origen de las variedades de arroz italiano se podía trazar al norte de China (Cai et al., 2013).

En 1925 se incorporaron las hibridaciones con germoplasma provenientes de U.S.A. (Mongiano et al., 2018) en los programas de mejoramiento genético públicos y privados que permitieron el desarrollo de variedades de arroz tipo *japonica*, de grano corto-redondeado (< de 5,2 mm) llamadas 'Comune'. Es así como, entre 1928 y 1962, las principales accesiones italianas eran 'Adelaide', 'Chiapelli', 'Arborio', 'Balilla', 'Carnaroli', 'Fortuna', 'Montova', 'Precoce', entre otras (Mongiano et al., 2018). Sin embargo, a partir de 1940 y hasta 1960, se empezaron a desarrollar variedades de grano medio (5,2 a 6,0 mm) y a comienzos de 1990 se introdujo el gen del enanismo. Hoy día, las variedades italianas poseen un grano más grande (> 6,0 mm), una relación largo/ancho menor a 3,0 (Mantegazza et al., 2008) y son derivadas de cruzamientos de variedades de arroz tipo *japonica* (Faivre-Rampant et al., 2011).

En la actualidad, Italia es el mayor productor de arroz de Europa y su producción se obtiene en las regiones de Lombardía y Piemonte (Efferson, 1952; Faivre-Rampant et al., 2011; Mongiano et al., 2018), correspondientes a variedades de arroz tipo *japonica* e *indica* que se desarrollan entre abril y octubre. Dentro de las variedades cultivadas se destacan aquellas destinadas a la preparación de paella, risotto (Mongiano et al., 2018), tipo arborio y carnaroli, que presentan diferencias agronómicas tales como precocidad, altura de la planta, peso y forma del grano, rendimiento industrial y resistencia a *Magnaporthe grisea* (Faivre-Rampant et al., 2010; Mongiano et al., 2018).

Alemania. Como las condiciones climáticas para producir arroz en el norte de Europa no eran las más adecuadas para el cultivo del arroz, es muy posible que el arroz encontrado en Alemania haya sido importado desde el Mediterráneo, Medio Oriente y/o haya estado asociado a funcionarios militares (Livarda, 2011). Es así como se encontró la presencia de un grano de arroz junto a otras especies vegetales, en un sitio destinado a rituales a los dioses Isis y Magna Mater, en el centro de Mainz, provincia romana de Alemania, con una data entre los siglos II a IV (Zach, 2002).

Grecia. Desde tiempos muy antiguos (370 - 285 a. C.), el arroz ha sido usado como medicina para tratar enfermedades digestivas. Sin embargo, se postula que el arroz llegó a Grecia como un producto alimenticio en el regreso de la expedición de Carlo Magno a la India entre el 340 y 320 a. C., y desde allí se habría diseminado a las localidades vecinas como Sicilia (Courtois et al., 2012).

Previo a la Segunda Guerra Mundial, el arroz era un cultivo secundario, aunque pronto empezó a adquirir una mayor importancia. En 1930, la superficie cultivada llegaba a 1.000 ha, mientras que entre 1951 y 1999 ya alcanzaba 30.000 ha. En 1958, el Estado empezó a mostrar interés por el cultivo de este cereal, creando el Instituto de Cereales Thessaloniki. Hasta 1969 sólo se cultivaban variedades de arroz tipo *japonica*, pero a partir de esa fecha se empezaron a producir variedades tipo *indica*. Las principales regiones productoras de arroz están ubicadas en el norte de Grecia, en Thessaloniki y Serres (Ntanos, 1997; 2001).

Rumania. La producción de arroz en Rumania empezó en la década de 1970 después de la primera visita del presidente de Rumania a China y Corea del Norte. Actualmente, la producción de arroz se destina al mercado interno como también a la exportación (https://en.wikipedia.org/wiki/Rice_production_in_Romania). El sur de Rumania posee una tradición arrocería. Las principales zonas productoras están ubicadas cerca del río Danubio, correspondientes a Braila, Lalomita, Calarasi Dolj y Timis (Allonte, 1997; Vijulie et al., 2016).

Hungría. El cultivo del arroz se realiza desde 1964, principalmente para el consumo interno. La producción nacional no satisface las necesidades de su población (Simon-Kiss, 1979).

Polonia. Un estudio realizado en el norte de Polonia, entre los siglos XIV y XV, identificó la presencia de algunos restos de arroz en el inventario de alimentos almacenados en un castillo, existente en el período Teutónico en 1385 (Badura et al., 2015). Aparentemente, el arroz tenía una alta demanda en el mercado. Al ser considerado un producto suntuario y de difícil acceso para la población, se usaba para pagar tributos, al igual que otros productos exóticos como la pimienta y el azafrán (Badura et al., 2015).

República Checa. Un estudio realizado en el Castillo de Praga encontró diversos restos de plantas de diferentes procedencias (África, Asia y América) introducidas en los siglos XVI y XVII, entre los cuales había algunos granos de arroz, lo que implica su consumo (Benes et al., 2012).

Croacia. La primera evidencia arqueológica encontrada en Croacia tiene como fecha el siglo II, en una instalación militar del Imperio Romano cerca del centro 'Colonia Aelia Mursa', Osijek. En este contexto, el arroz representaba un producto poco común, suntuario y de alto estatus para la zona. Por lo cual, es muy probable que el arroz haya llegado a este lugar a través de la amplia red de comercio que permitía la difusión y el acceso de los productos mediterráneos a los diversos lugares que eran parte del Imperio (Reed y Leleković, 2017).

Ucrania. El primer campo de arroz en Rusia fue sembrado por orden del Emperador Pedro el Grande después de sus Cruzadas en Persia. En los países de la Comunidad de Estados Independientes (CIS), incluyendo Ucrania, el cultivo de arroz empezó sólo después de 1917. En 1926, los coreanos introdujeron variedades de alto rendimiento en Ucrania. En aquella época, el cultivo en la zona se producía en forma muy primitiva y estaba ubicado en los suelos inundados cercano a los ríos Yuzhny Bug, Dniester, Ingulets y Dnepr (Tinsley, 1995).

La ausencia de canales de drenaje, el deficiente sistema de manejo del cultivo y la falta de rotaciones resultó en la salinización del suelo, lo que redujo drásticamente los rendimientos y la superficie sembrada de arroz (<http://rice.in.ua/en/istoriya-risovodstva>). Sin embargo, a partir de 1961 la construcción de nuevos sistemas de riego en el área de Krasnoznamenck y Crimea del Norte, aumentaron en forma importante la superficie de siembra de arroz. En 1963, el Instituto de Riego y Pastoreo se transformó en La Estación Experimental de Producción de Arroz, la que en 1964 pasó a llamarse Estación Experimental de Investigación en Arroz de Ucrania. En el año 1990 se convirtió en la Academia de Ciencias Agrarias de Ucrania (UAAS), y en el año 2010 en el Instituto de Arroz de NAAN (Tinsley, 1995).

Diseminación del arroz desde su centro de origen hacia América

El arroz no era parte de la dieta de los aborígenes en la América precolombina, con excepción de algunas tribus amazónicas que recolectaban arroces silvestres (*O. glumipatula* Steud. y *O. grandiglumis* [Döll] Prodoehl) para su consumo (Cabezas y Espinoza, 2000). La introducción del arroz por los españoles al continente americano fue reforzada por el comercio y la introducción de esclavos africanos, quienes contribuyeron con su conocimiento y trabajo al desarrollo del arroz en algunos países del Caribe y en América continental.

El arroz ha estado asociado a la población latinoamericana como un alimento básico, pero también a la cultura de la población, estando relacionado a los conceptos de abundancia y fertilidad. Por ejemplo, el uso de la lluvia de arroz en el festejo a los novios después de la boda como una manera de solicitar una descendencia abundante y una buena vida, y a la cultura gastronómica, ya que en varios países existen variados platos preparados con arroz. Es el caso del arroz a la mexicana que se prepara con jitomate molido, chícharos y zanahorias; el arroz chaufa de Perú preparado en 'wok' con tortilla de huevo y cebolla china; el arroz con leche de Uruguay acompañado con dulce de leche; el arroz de Cuba con plátano y huevo frito; el arroz sudado de Colombia; el arroz guatemalteco combinado con pollo; los platos de risottos de los migrantes italianos en varios países; y el *Kamby arró*, postre de leche típico de Paraguay de origen guaraní, que es una crema espesa producto de la cocción con leche de vaca, aromatizada en algunos países con canela, cáscara de limón, vainilla, entre otros.

América del Norte

Estados Unidos de América. En U.S.A. el cultivo y la industria asociada al cultivo del arroz tienen una historia de más de 400 años (Surface, 1911; Carney, 2001a; 2001b) (Figura 9).

Carolina del Sur y Carolina del Norte. El primer intento de cultivar arroz en las colonias británicas se realizó en Virginia en 1647, aunque sin éxito (Surface, 1911). Sin embargo, a finales de 1680 y principios de 1690 se empezó a producir arroz comercialmente en Carolina del Sur (Surface, 1911) y en el año 1730 en Carolina del Norte (Rutger, 1998). La hipótesis más conocida es aquella que señala que el arroz fue introducido desde Madagascar el año 1691 y que se empezó a cultivar a partir de 1694 (Surface, 1911).

En Carolina del Sur la producción de arroz, en sus comienzos, fue considerada una actividad de la población negra (Lee, 1960). Dentro de los primeros tipos de arroz cultivados en esta zona había uno de cáscara y tegumento de color rojo, posiblemente *O. glaberrima*, el que se continuó sembrando para el consumo de los esclavos, hasta finales del siglo XVIII (Carney, 2001a; 2001b). Sin embargo, la semilla proveniente de Madagascar tuvo una mejor adaptación y rendimiento, y pasó a predominar en las siembras comerciales, tomando el nombre de arroz Oro ('Gold Rice'), dado el color amarillo de su cáscara (Lee, 1960).

Aparentemente, las primeras siembras de arroz se realizaron en suelos altos, donde se practicaba un sistema muy primitivo consistente en el corte, quema de la vegetación y siembra del cultivo por un par de años, y posterior abandono del lugar para iniciar este proceso nuevamente en otro sitio. Debido a la mayor demanda, el sistema de producción de arroz evolucionó, pasando a ocupar suelos bajos donde se podían distinguir tres tipos de siembra: 1) subsistencia, 2) pantano en suelos interiores y 3) pantano regado (Lee, 1960).

A partir de 1725, el arroz empezó a adquirir gran importancia, ya que la producción nacional se podía destinar al consumo interno y a la exportación. Esta situación llevó al Estado a ser exportador de arroz a finales del siglo XVIII (Surface, 1911; Rutger, 1998), aunque la Guerra Civil redujo considerablemente la importancia del cultivo (Carney, 2003).

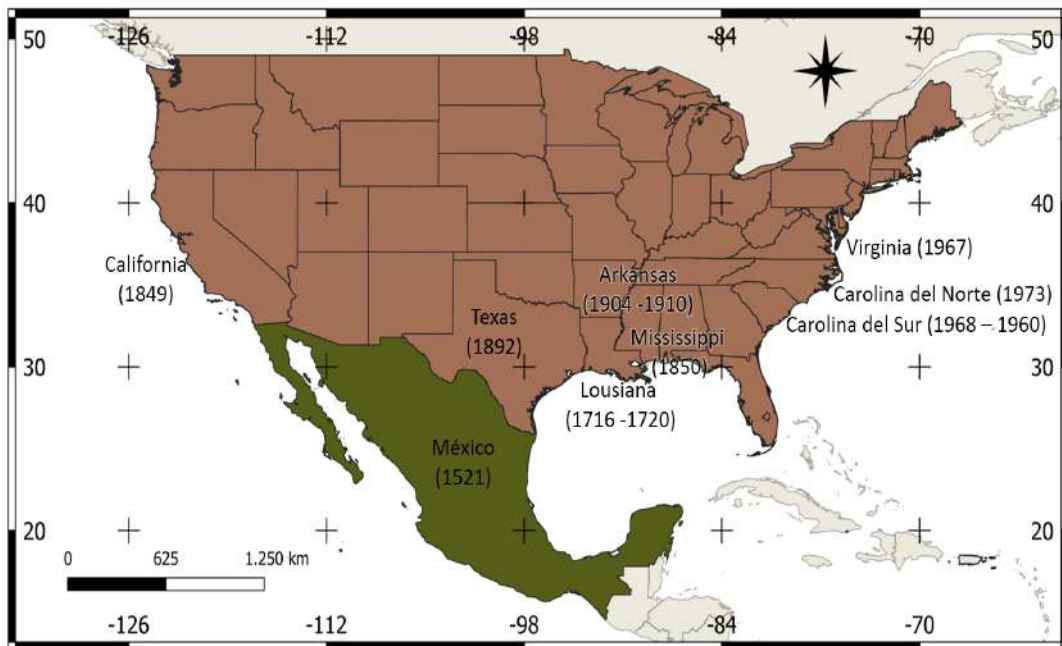


Figura 9. Primeras siembras de arroz en América del Norte.

Dada esta situación, los agricultores se vieron obligados a introducir nuevas tecnologías y aumentar los niveles de mecanización del cultivo (Knapp, 1903). Este cambio tecnológico fue apoyado por la invención, en 1787, y adopción de los molinos de agua para la elaboración del arroz. Este cambio tecnológico se tradujo en la incorporación de nuevas zonas arroceras (Knapp, 1903; Surface, 2011). Es así como, a partir de 1820, la producción de arroz se expandió hacia el sur a lo largo de la Costa Este, incorporando a los Estados de Georgia y Florida (Rutger, 1998), hacia el oeste a Kentucky y Tennessee, y a lo largo de las costas del Golfo a Louisiana y a la parte baja del delta del Mississippi. El arroz se introdujo en Arkansas en 1904 y en el delta del Mississippi en 1942.

En el año 1849, Carolina del Norte, del Sur y Georgia producían el 90 % del arroz del país, del cual un 60 % se producía en Carolina del Sur. Después del apogeo en la producción de arroz entre 1850 y 1860, el área de producción de arroz en U.S.A. empezó a decaer gradualmente, debido a la incapacidad de los agricultores y la industria de adaptarse a los nuevos desafíos, como la reducción del precio del grano, migración de los trabajadores arroceros a otras industrias, competencia de la producción de arroz en suelos no pantanosos en el Estado de Louisiana, uso de maquinaria moderna y nuevos sistemas de riego, ocurridos a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX (Lee, 1960).

Louisiana. La fecha de la introducción del arroz a Louisiana no está muy clara. Al respecto se señalan varias alternativas, por ejemplo, desde las Indias Occidentales entre 1716 y 1720, desde las costas de Guinea, alrededor de 1719, o desde las Carolinas a principios del siglo XVIII (Lee, 1960). La evidencia botánica sugiere que la primera semilla de arroz sembrada en Louisiana fue el arroz 'Creole' o 'Arroz Bull' ('Bullrice' o 'Bullhead'), un grano corto y delgado cuyo origen se remonta a las Indias Occidentales (Lee, 1960).

En los primeros cultivos de arroz en Louisiana se podían distinguir tres sistemas de producción: 'Arroz-providence', cultivo en pequeña escala para autoconsumo y con poco o nada de riego artificial; arroz-río (Rice-River), desarrollado bajo riego a lo largo del río Mississippi y dedicado, principalmente, a la producción comercial; y el arroz mecanizado sembrado en los suelos de pradera y de producción a gran escala (Lee, 1960).

Hasta 1850, el cultivo de arroz en Louisiana se realizaba principalmente en forma de 'Arroz-Providence', aunque una pequeña cantidad se cultivaba a lo largo de la desembocadura del río Mississippi ('river rice'), el que alcanzó su mayor apogeo entre 1850 y 1885. A partir de 1885, la adopción de nuevas técnicas de riego, de preparación de suelo, diseño de los campos, construcción de nuevos sistemas de conducción de agua y drenaje, y el uso de semilla de mejor calidad como 'Carolina Gold' y 'Carolina White' que reemplazó al arroz nativo 'creole', permitió un cambio radical del sistema de producción en Louisiana, desde el borde de los ríos ('river-rice') a un sistemas más moderno e intensivo realizado en los nuevos suelos de praderas (Lee, 1960).

California. En 1849, la fiebre del oro trajo gente a California, entre ellos inmigrantes chinos que empezaron a sembrar variedades de arroz de grano corto y mediano para cubrir sus necesidades alimenticias. Los primeros intentos de producción de arroz en California se realizaron en 1850, como una manera de sustituir el arroz importado. Sin embargo, el primer ensayo exitoso fue realizado por el Ministerio de Agricultura (USDA) en 'Butte County', en el año 1908. Ésta y otras experiencias dieron como resultado la selección de diversas variedades que fueron ofrecidas a los agricultores en forma gratuita para su siembra (Geisseler y Howarth, 2016). En el año 1911, el cultivo de arroz se expandió al valle de Sacramento, donde se inició la producción comercial de arroz en California (Chambliss y Adams, 1915; Geisseler y Howarth, 2016).

Texas. La industria del arroz en el sur de Texas empezó en el año 1892, con 71 ha en la localidad de Beaumont, las que aumentaron a más de 3.500 ha en 1899. El trabajo de mejoramiento genético de arroz, en su fase inicial, se focalizó, primordialmente, en la evaluación y selección de germoplasma, pero en 1931 el USDA estableció un Programa de Mejoramiento Genético cerca de Beaumont. En 1942 este programa liberó la primera variedad de arroz 'Texas Patna' (Tabien et al., 2008).

Entre 1890 y 1900, Louisiana y Texas produjeron el 75 % de la producción nacional de arroz, debido principalmente al uso de nuevos sistemas de riego, cultivo y cosecha mecanizada. Sin embargo, el producto cosechado era de calidad deficiente, debido a problemas en la elaboración industrial del grano y al uso de variedades de mala calidad.

En la actualidad, la producción de arroz en U.S.A. está concentrada, prácticamente, en seis estados: Arkansas, Mississippi, Missouri, Louisiana, Texas y California (Parveen et al., 1994). Un análisis realizado sobre la estructura genética de la población de arroz utilizado en U.S.A., identificó la presencia de los grupos *indica*, *japonica* tropical y *japonica* templado, cuyo origen se remonta a 1930. Sin embargo, algunos programas de mejoramiento usan con mayor frecuencia al tipo de arroz *indica* como progenitores, pero el 57 % de las variedades creadas responden a cruzamientos dentro de los tres grupos de arroces identificados previamente (Lu et al., 2005).

México. El primer informe de la presencia del arroz en México está fechado en 1521, inmediatamente después de la caída de Tenochtitlán, el que llegó posiblemente a través de la ruta del Océano Atlántico, aunque la fecha de los primeros cultivos no está clara (Osuna et al., 2000) (Figura 9).

Una de las hipótesis señala que el arroz pudo haber sido introducido a México en alguno de los viajes desde Manila o China al puerto de Acapulco (Osuna et al., 2000), a fines del siglo XVI, ya que la construcción de la flota de galeones ordenada por el rey Felipe II para la conquista de las islas Filipinas habría concluido en 1564 (Benítez, 1989; Osuna et al., 2000). Manila se convirtió en territorio dependiente del Virreinato de la Nueva España en el año 1565, estableciéndose a partir de entonces un intenso intercambio comercial y cultural entre el Lejano Oriente, América y Europa, donde Acapulco era el punto de enlace para otros destinos (Enrique, 1991; Romero, 2000; Sales, 2000). Sin embargo, otra hipótesis sostiene que el arroz habría sido introducido a México desde Senegal-Gambia, Occidente de África, como lo prueba el origen de parte de la gastronomía de México que se remonta al siglo XVI (Carney, 2011).

La primera siembra de arroz en el Estado de Morelos, en el municipio de Jojutla, se habría llevado a cabo en el año 1836, con la semilla de arroz ´morado` traída de Acapulco, desde la costa grande de Guerrero (Mateo, 1923). Adicionalmente, en 1838 se empezó a sembrar arroz en Veracruz con buenos resultados, lo que incentivó la diseminación del cultivo a otras regiones de la República Mexicana (Osuna, 1993). Es así como en 1930, el cultivo se realizaba principalmente en Morelos y Michoacán, pero a partir de 1940 otras zonas como Veracruz y Sonora empezaron a tener una mayor importancia en la producción nacional. Entre 1940 y 1950, Morelos dejó de ser el principal Estado productor de arroz en México, cediendo su lugar a Sonora. Entre 1960 y 1969, Sinaloa, Veracruz y Oaxaca se incorporaron a los estados que lideraban la producción de arroz en México (Pureco y García, 2017/2018).

En 1939, la superficie sembrada con arroz era de 70.800 ha, con un rendimiento promedio de 2,3 t ha⁻¹, en comparación al año 1950, cuando la superficie sembrada alcanzó 106.100 ha y un rendimiento promedio de 1,8 t ha⁻¹, lo que indica que los aumentos de producción de arroz, en este período, se debieron principalmente al aumento de la superficie sembrada. Los métodos de siembra utilizados eran al ´voleo` o directo y por almácigos o indirecto. Sonora, Michoacán y Veracruz utilizaban el sistema de siembra directa, en cambio Morelos, Puebla y el norte de Guerrero lo hacían en siembra indirecta (Pureco y García, 2017/2018).

América Central

El Salvador. En el siglo XVI el cultivo de arroz ya se producía en la Villa Sonsonate, El Salvador, Reino de Guatemala, lugar cercano al puerto de Acapulco, lo que podría haber favorecido la expansión del cultivo a esta localidad (Cabezas y Espinoza, 2000) (Figura 10).

Hasta los años 1940 y 1950, el cultivo de arroz se desarrolló con variedades criollas, cuyo rendimiento era muy bajo (entre 0,8 y 1,0 t ha⁻¹), con una producción nacional de 20.000 t. En 1944 se introdujo la variedad ´Fortuna` que se distribuyó a los agricultores para complementar las variedades criollas existentes como ´Pico Negro` y ´Pinganilla`. Desde 1950 en adelante se realizó un gran esfuerzo en la introducción y selección de nuevas variedades como ´Nirola`, ´Sunbonnet` y ´Bluebonnet 50` que produjeron mejores rendimientos (Artiga, 1970). Es posible que durante esa época se hayan cultivado variedades africanas (*O. glaberrima*), las que habrían sido introducidas y cultivadas por los esclavos. Estas variedades estaban relacionadas con variedades de Guinea, Liberia y Costa de Marfil (Artiga, 1970).

Guatemala. La información disponible no permite señalar el origen del cultivo de arroz en Guatemala. Sin embargo, se señala que en la temporada 1950/1951 se sembraron 8.000 ha de arroz lo que produjo 9.000 t. En 1967 se inició un programa de fortalecimiento de la producción de granos -entre los cuales estaba el arroz-, entre entidades nacionales con el apoyo de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID) (Santamaría, 1970).

Panamá. El arroz fue introducido a Panamá alrededor del año 1582, posiblemente con la ayuda de los esclavos (Fusón, 1958; Cabezas y Espinoza, 2000). Panamá, por ser parte del Virreinato de Nueva Granada, tuvo una historia especial asociada al cultivo de arroz, debido a que era un centro comercial estratégico para el sistema colonial español. De Perú llegaba el oro y la plata al puerto Bello, y desde Sevilla y Cádiz llegaban los galeones con mercancías y para llevarse los minerales preciosos. A comienzos del siglo XVII, el cultivo de arroz ya estaba consolidado, produciéndose una gran cantidad alrededor del Puerto Bello, cuyo excedente se exportaba a Perú (Spijkers, 1983).

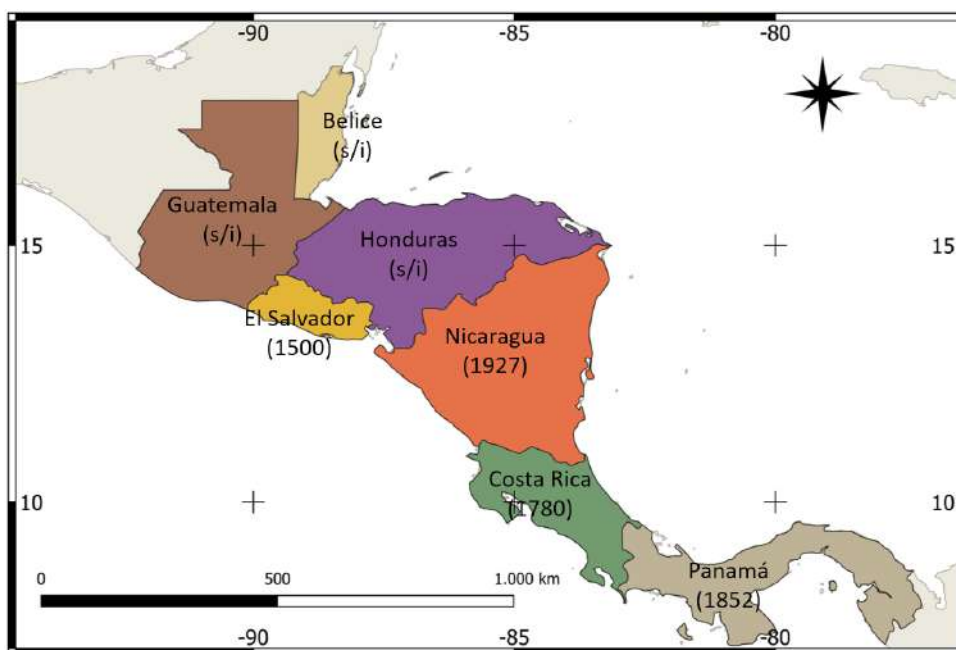


Figura 10. Primeras siembras de arroz en Centro América.

El arroz era un cultivo de subsistencia, producido principalmente por un gran número de agricultores y en condiciones de secano. La siembra se realizaba a finales de mayo y se cosechaba a mediados de octubre, pudiéndose lograr una segunda cosecha. Se sembraba temprano en otoño y se cosechaba a principios de enero, pero con bajo rendimiento. Uno de los factores limitantes en el cultivo de secano era el control de malezas, ya que afectaba negativamente el rendimiento, la calidad y el costo de producción (Fusón, 1958).

El consumo de arroz en Panamá alcanza los 65-68 kg por persona al año. La producción comercial está en manos de grandes agricultores que poseen sus propios molinos, secadores y lugares para el almacenaje del grano. Una pequeña parte de su producción se realiza bajo condiciones de riego y la mayor parte se lleva a cabo en la estación húmeda. El cultivo de riego del arroz es más productivo, pero más caro, por lo cual está fuera del alcance de los pequeños agricultores (Fusón, 1958).

El sistema de cultivo consistía en cortar los matorrales con machetes y hachas, y quemar la vegetación para preparar el suelo previo a la siembra. Esa labor era realizada en forma comunitaria por los hombres. El suelo se utilizaba solamente por 2 o 3 años, debido al aumento de las malezas y a la reducción de la fertilidad del suelo, lo que obligaba a buscar un nuevo lugar (Lee, 1960). La siembra se realizaba después de la primera lluvia, a fines de abril o mayo, utilizando un chuzo (o 'coa', chuzo con mango) y ubicando la semilla cada 30 o 40 cm. Esta labor era ejecutada por las mujeres o toda la familia, incluidos los niños. El control de malezas se realizaba con un machete, dos o tres veces durante el cultivo. Para la cosecha se utilizaban, cuchillos, machetes, champas (machetes más pequeños) o cualquier elemento que permitiera cortar las plantas. Las plantas cosechadas se amarraban en 'manotadas', las que eran apiladas en pequeños montones por varios días para permitir su secado al sol. Posteriormente, las plantas eran llevadas en grandes canastos ('motetes') al lugar de almacenaje 'Jorón'. La trilla se realizaba golpeando las panojas con palos y el arroz era descascarado en el pilón (tipo mortero de madera con un pistilo) y aventado en una batea. El arroz producido se consumía principalmente en cada hogar y, si existía un excedente, era vendido a intermediarios o directamente a los molinos locales (Fusón, 1958; Lee, 1960).

En los años 1950, como la producción nacional era deficitaria, el gobierno estableció una política para incentivar la producción a través de créditos, fijación de precio y un control estricto de las importaciones. En 1960, el 75 % de las explotaciones panameñas tenía arroz en sus campos (von Chang, 1970). En 1975 se creó el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) que ha sido la institución de investigación responsable del desarrollo de nuevas variedades y prácticas de manejo para el cultivo del arroz (Martínez et al., 2014).

Costa Rica. El arroz se empezó a cultivar en Costa Rica alrededor de 1780 en la zona de Esparza y el valle del río Grande de Tárcoles (Patiño, 1969; León y Arroyo, 2011), donde se llegaron a sembrar entre 5 y 7 mil ha en 1920. Otros autores señalan que el arroz se empezó a cultivar, después de la época de la Colonia, en las zonas altas y quebradas del país que ofrecían las mejores condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo. Es así que, en muchos sitios de la meseta central como Atenas, Turrubares, Cebadilla Ciruelas, Puriscal, Santa Ana, entre otras, se sembraba arroz en el siglo XIX, por lo cual se llegó a llamar a esta zona como el 'granero' del país (Vargas, 1970; Tinoco y Acuña, 2008). A pesar de esta situación, el cultivo de arroz en la mayoría de estas localidades fue desapareciendo, debido a los problemas de erosión y a la imposibilidad de la mecanización del cultivo. El sistema de cultivo utilizado en la zona era bastante precario, donde los agricultores talaban los árboles y arbustos, quemaban la vegetación y luego sembraban el arroz por varios años, hasta que la erosión y la disminución de la fertilidad del suelo lo hacían improductivos (Vargas, 1970).

En la década de 1920 se empezó a producir arroz en el Pacífico sur, en la zona El Pozo. Durante este período, la superficie sembrada llegó a las 7.500 ha. En la década de 1930 se implementaron políticas proteccionistas para estimular una mayor producción de arroz, como la derogación de la importación de granos y el uso de nuevas tecnologías como el riego, llegando a convertir al arroz en uno de los cultivos importantes en el país (Tinoco y Acuña, 2008; León y Arroyo, 2011).

A mediados de 1940 se inició la importación de nuevas variedades como 'Rexoro', 'Nira', 'Carolino', 'Blue Rose', 'Zenith' y 'Fortuna', entre otras, que empezaron a reemplazar las variedades locales de gran desarrollo vegetativo, susceptibles a la tendadura y al desgrane, sin respuesta a los fertilizantes y susceptibles a las enfermedades (León y Arroyo, 2011). En 1949, el Ministerio de Agricultura estableció la primera Estación Experimental en la zona tropical Puntarenas, donde se inició la investigación sistemática del cultivo de arroz (Vargas, 1970). En 1953 se inicia el programa de producción de semillas mejoradas (León y Arroyo, 2011).

Nicaragua. El arroz es uno de los cultivos importantes en el sector agropecuario nicaragüense y al mismo tiempo es uno de los principales alimentos en la dieta de la población, con un consumo per cápita de 56 kg año⁻¹ y con tendencia a incrementarse (Sandoval y Velásquez, 2017).

El cultivo del arroz fue introducido a Nicaragua en 1927. Los primeros cultivos fueron realizados por pequeños agricultores en condiciones de secano y donde todas las actividades agronómicas se realizaban en forma manual. Para ayudar a solucionar este problema, en 1942 se creó el Servicio Técnico Agrícola de Nicaragua que empezó a realizar actividades de evaluación y selección de variedades extranjeras. Es así como en los años 1960, las principales variedades sembradas en el país eran 'Rexoro', 'Bluebonnet', 'IR-8' y 'Nilo' (Vaca, 1970). Esta situación se mantuvo hasta 1963, cuando se comenzó a cambiar el sistema de producción de secano por el de riego. Este cambio de sistema de producción significó una revolución productiva que permitió la introducción de maquinaria, nuevas variedades y métodos de cultivo (Vaca, 1970; Sandoval y Velásquez, 2017).

A partir del año 1965, con la incorporación del arroz al programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA), se decidió profundizar el trabajo realizado en arroz. Así, en 1968 el Ministerio de Agricultura junto a la Universidad de Louisiana y la Asociación de Productores de Arroz establecieron un programa de investigación en arroz, cuyo objetivo principal era el desarrollo de nuevas variedades y prácticas culturales (Vaca, 1970).

Honduras. La información disponible no permite identificar la fecha de introducción del arroz a Honduras. Sin embargo, ellos señalan que los primeros cultivos se caracterizaron por el uso de escasa tecnología y la obtención de bajos rendimientos (SAG, 2003).

Antes de la década de 1960, el arroz se cultivaba principalmente en las zonas bajas del litoral atlántico (Cuyamel), en los Departamentos de Cortés, Olancho y Yoro, con superficies de siembra muy pequeñas donde predominaba la siembra a 'chuzo'. Las variedades más sembradas eran 'Zenith', 'Fortuna', 'Gulfrose', 'Lira Blanco' y 'Lira Rojo', entre otras, todas provenientes de U.S.A. como también una selección nacional llamada 'Honduras' (SAG, 2003). La mayoría de estas variedades era de grano largo con buena calidad molinera, aunque éste no era factor importante, ya que la mayoría del arroz se elaboraba en morteros de madera. En ese entonces la mayor parte del arroz se cosechaba a mano, cortando la espiga en forma individual. Se guardaba en mazos colgados arriba de las estufas o fogones por varios meses (SAG, 2003).

A partir de 1960, se inició un programa de introducción y selección de nuevas variedades, como 'Starbonnet', 'Milo 3' y 'Belle Fetne' donde 'Bluebonnet-50' tuvo una buena aceptación por parte de los agricultores (Reyes, 1970).

A partir de mediados de los años 1960, el cultivo, la industria y el consumo de arroz en el país empezaron a mostrar cambios significativos. En primer lugar, se instalaron grandes molinos, se introdujeron nuevas variedades, se empezaron a cultivar mayores superficies y con una mejor tecnología y aumentó el consumo (SAG, 2003).

El Caribe

La introducción del arroz por los españoles a el Caribe fue reforzada por el comercio y la introducción de esclavos africanos que trabajaban en las plantaciones de la región. Una vez terminada la esclavitud se trajeron trabajadores de origen asiático, especialmente de India y China, para trabajar en las plantaciones de Trinidad y Jamaica (Berleant, 2012) (Figura 11).

República Dominicana. El arroz llegó a Santo Domingo (La Española) en el segundo viaje de Colón a las Américas. Con la ocupación y fundación de la ciudad de Santo Domingo en 1495, los españoles empezaron a realizar diversos intentos para cultivar el arroz en América para proveer alimento a sus colonos y reemplazar el trigo traído desde España (Cabezas y Espinoza, 2000). Es así como, en 1510, el rey de España manifestaba su preocupación por la producción de arroz en La Española a sus autoridades (Patiño, 1969). En 1512, los colonos españoles empezaron a cultivar arroz en pequeñas superficies de arroz para su subsistencia, hasta que a partir de 1880 empezaron a realizarse las primeras siembras de arroz en Santo Domingo. Éstas fueron de secano y con un rendimiento bajo que alcanzaba a cubrir las necesidades de la población. Sin embargo, a partir de 1892 el arroz empezó a adquirir mayor importancia debido a la política estatal que fomentaba la formación de fincas modelo en terrenos del Estado, otorgaba incentivos para la compra de maquinarias y semillas de buena calidad, importadas de las Indias o de las Carolinas, U.S.A. Estos incentivos permitieron incorporar zonas de cultivo bajo riego y aumentar la producción de 7.000 t a 18.000 t entre los años 1929 y 1932 (Serulle y Boin, 2010).

Puerto Rico. El cultivo de arroz se empezó a realizar en 1513 (Patiño, 1969) o desde 1935 (Cabezas y Espinoza, 2000), pasando a transformarse en un alimento básico para la población durante el período colonial (Cabezas y Espinoza, 2000). En 1788 se mantenían pequeños cultivos para el consumo interno en varios lugares de la Isla (Cangrejos y Humacao) y en 1885 ya se utilizaban máquinas para procesar el arroz después de la cosecha (Patiño, 1969).

Cuba. El arroz fue uno de los primeros cultivos introducidos en la isla por los españoles (Patiño, 1969). Tras el éxito del cultivo del arroz en Puerto Rico, éste se difundió a la isla de Cuba, Jamaica y todo El Caribe (Cabezas y Espinoza, 2000), donde se cultivó en pequeñas superficies

para el autoconsumo, hasta mediados del siglo XVII (Patiño, 1969). A inicios del 1800, los principales cultivos en los predios agrícolas eran la caña de azúcar y los cafetales, donde se sembraban pequeñas superficies de maíz, arroz, plátano y yuca en los suelos ‘desmontados’. Las herramientas más usadas en el cultivo eran el arado, azadón o ‘guataca’ y el machete. El rendimiento en grano fluctuaba entre 0,6 y 0,9 t ha⁻¹, en un suelo fértil recién desmontado. Uno de los principales problemas era el escaso nivel tecnológico utilizado, la casi ausencia de caminos y el mal estado de los existentes, lo que impedía llegar físicamente a los mercados, y los altos costos del transporte disponible, como carretas y animales (Patiño, 1969).

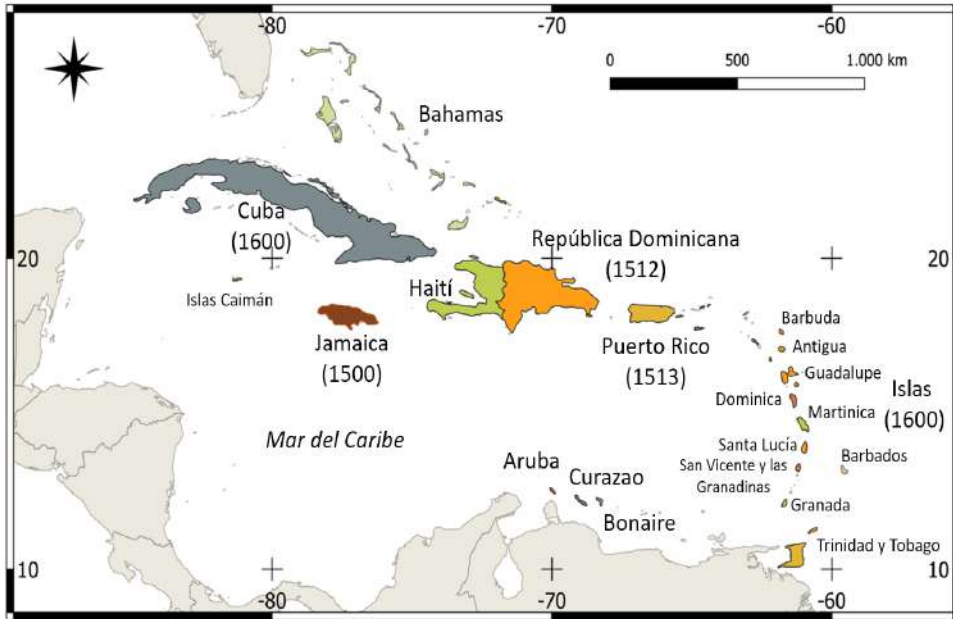


Figura 11. Primeras siembras de arroz en el Caribe.

En el año 1927 se inició el primer trabajo tendiente a desarrollar variedades, tomando como base el ‘arroz criollo’ o ‘de la tierra’ y la evaluación y selección de germoplasma proveniente de U.S.A. Este trabajo se realizó en la Estación Agronómica de Santiago de las Vegas, actual Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical ‘Alejandro de Humboldt’ (INIFAT). En el año 1980 se inició el primer programa de desarrollo arrocero, la creación del Banco de Germoplasma, el establecimiento de nuevas estaciones experimentales y el Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de Cuba (Suárez, 2012).

Estudios realizados sobre la diversidad genética de las variedades mejoradas cubanas señalan una estrecha variabilidad genética, debido al uso de un grupo reducido de padres (Fuentes et al., 1999; 2003; 2004; 2005) y de selecciones o variedades locales de bajo potencial de rendimiento, de origen estadounidense, previo al inicio del programa de mejoramiento genético de arroz cubano (Alvarez et al., 2007).

Jamaica. Aparentemente, el cultivo de arroz estaba establecido en Jamaica en el siglo XVI, destinado a proveer de alimentos, a la flota en sus viajes desde y hacia España a principios del siglo XVII (Cabezas y Espinoza, 2000). En este contexto, se plantea que el arroz pudo haber sido introducido a Jamaica desde Puerto Rico o por los esclavos traídos de Cabo Verde, quienes habrían fomentado el cultivo dado el conocimiento que traían de su país.

Haití. Aparentemente, el arroz en Haití tiene una historia de más de 200 años. Su origen podría estar en África Occidental, aunque otros autores mencionan un origen europeo (Patiño, 1969).

Antillas menores. El arroz se habría empezado a cultivar en la isla San Cristóbal hacia mediados del siglo XVII (Patiño, 1969), donde pequeños grupos de inmigrantes de las Indias Orientales llegaron a Santa Lucía, Granada, St. Vicente, St. Kitts, como lo hicieron también los chinos a Antigua. Las necesidades dietéticas y preferencias de estos inmigrantes, reforzaron la presencia y el uso del arroz en estos países (Berleant, 2012).

América del Sur

Argentina. El arroz fue introducido al norte argentino desde Brasil, región donde se cultivaba también caña de azúcar, algodón, tabaco, trigo y maíz (Carcaño y Livore, 1991; Fernández y Rondina, 2006). Sin embargo, se señala también que el arroz producido en la provincia de Tucumán podría haber sido introducido desde Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (Carcaño y Livore, 1991) (Figura 12).

El primer intento de sembrar arroz en la provincia de Corrientes, localidad de Riachuelo, fue el año 1913, utilizando semilla traída desde Valencia, España (Carcaño y Livore, 1991). A pesar de esta situación, entre 1909 y 1931 la producción de arroz en el país fue poco significativa y alcanzó a 3.500 ha que estaban distribuidas, principalmente, en las provincias de Misiones, Tucumán, Salta y Jujuy. En el año 1932, la implantación de una política de protección arancelaria permitió incentivar la producción (Carcaño y Livore, 1991; Herber et al., 2017) y extender el cultivo a otras provincias como Corrientes, Entre Ríos, la zona central de Santa Fe (Schultz, 1932; Carcaño y Livore, 1991; Scarpati et al., 2016) y hasta el Chaco y Formosa en la década del 1970 (Carcaño y Livore, 1991).

En los comienzos del cultivo en Tucumán se sembraron dos tipos de arroces: de riego (acuático) y de secano. La siembra del cultivo de arroz de riego comenzaba con la elección del suelo, el que debía arcilloso y nivelado para permitir una buena retención y distribución uniforme del agua en los cuadros. La preparación que comprendía araduras y rastros debían realizarse entre septiembre y principios de octubre. Los pretilos se construían a una distancia de entre 40 y 50 m en suelos bien nivelados y entre 10 y 20 m en suelos desnivelados. Los pretilos principales debían tener una altura de 40 a 50 cm de altura y los secundarios 30 cm (Schultz, 1932).

Las principales variedades sembradas eran 'Fortuna' (grano largo angosto), el 'arroz japonés', (grano corto y grueso), y en forma secundaria 'Bola Colorada', 'Salteño' y 'Blue Rose', todas las cuales poseían algún grado de mezcla. La siembra del arroz se realizaba entre el 20 de septiembre y 30 de octubre. El sistema de siembra dependía del tamaño de la explotación. Para extensiones grandes se recomendaba el uso de una sembradora y para superficies pequeñas la siembra manual o el uso de arados pequeños que realizaban surcos a una distancia de 30-35 cm uno del otro, colocando la semilla a una profundidad de 5 a 8 cm que se tapaba con una rastra de rama liviana. La dosis de semilla utilizada variaba entre 80 y 100 kg ha⁻¹ (Schultz, 1932).

Cuando las plántulas alcanzaban 15 a 20 cm, se daba el primer riego o 'asiento'. Los riegos contribuían al control de malezas, el que se complementaba con el arranque a mano de las malezas o el uso del azadón, arados pequeños u otros implementos tirados por animales. Una vez terminado el control de malezas se procedía a inundar los cuadros. Los riegos se mantenían hasta que la espiga se doblaba por su peso. La cosecha se iniciaba cuando las hojas de la planta se empezaban a tornar amarillas, antes que los granos de la parte inferior de la panoja se endurecieran, para evitar el desgrane. La cosecha podía ser manual, cortando las plantas a 10 - 20 cm sobre el suelo y recojiéndolas en manojos abiertos, que una vez aireados, se engavillan y juntan sobre el suelo firme y seco, teniendo cuidado de no amontonar las gavillas húmedas, ya que se podían calentar y reducir la calidad del grano (Schultz, 1932).

La trilla se realiza golpeando las gavillas sobre un tablón y tirando las plantas de arroz a través de tablas con clavos en forma de peine para desprender los granos de las panojas. Posteriormente, se debía orear el grano para reducir su contenido de humedad antes de ponerlo en bolsas. Tam-

bién era recomendable aventar el arroz con máquina o al viento, para separar la paja del grano y de otras impurezas antes del envasado para la venta. En la provincia de Salta se usaba el sistema de trilla del arroz en una ´era` y con una manada de yeguas para pisar las plantas y desprender el grano. El rendimiento del arroz en esta zona era de 2 a 4 t ha⁻¹, aunque se podían obtener también entre 3,5 y 4 t ha⁻¹ en extensiones limitadas (Schultz, 1932).

Para paliar los efectos negativos de la siembra continua del arroz en el mismo suelo, se recomendaba incorporar el guano de corral bien descompuesto y/o el rastrojo de la cosecha anterior o la siembra de una leguminosa como el caupí (*Vigna unguiculata*). El caupí podía ser cortado o pastoreado directamente por los animales o incorporado al suelo como abono verde. La siembra del caupí se podía realizar una vez cada 3 o 4 años (Schultz, 1932).

En la década de 1930 comienza el mejoramiento genético del arroz en Argentina, con la creación de las Estaciones Experimentales de Guemes (Salta) y de La Plata (Buenos Aires), dependientes del Ministerio de Agricultura. El germoplasma utilizado en los primeros trabajos de mejoramiento genético provenía de Brasil y de U.S.A., al que se incorporó posteriormente el germoplasma italiano (Giarrocco et al., 2007). Algunas de las primeras variedades seleccionadas en la Estación Experimental de Salta fueron ´Blue Rose sel. M.A.`, ´Japonés Gigante sel. M.A.` y ´Yamani sel. M.A.` (Carcaño y Livore, 1991). En 1932 se inició el trabajo de mejoramiento genético en la Estación Experimental de Arroz de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la Plata, del cual se liberaron las primeras variedades obtenidas por medio de cruzamientos: ´Victoria F.A.`, ´Cumé Man F.A.`, y ´Chacarero M.A.` (Carcaño y Livore, 1991). En el año 1940 se creó una nueva Estación Experimental en La Plata, provincia de Buenos Aires, que desarrolló algunas variedades que fueron sembradas, principalmente, en la provincia de Entre Ríos (Martínez et al., 2014).

En 1950 se creó el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) que intensificó y coordinó el trabajo de investigación y mejoramiento genético del arroz a nivel nacional, mediante la creación del Programa Nacional de Arroz, en el que participó la Estación Experimental Regional Agropecuaria de Corrientes, Estación Experimental Agropecuaria de Concepción del Uruguay (Entre Ríos) y la Estación Experimental de Arroz de la Facultad de Agronomía de La Plata (Buenos Aires), a través del Convenio INTA-Facultad de Agronomía de La Plata (Carcaño y Livore, 1991). En este período se inició la producción de variedades de grano largo que empezaron a reemplazar, gradualmente, a las variedades de grano corto y medio, producidas anteriormente (Martínez et al., 2014).

Un estudio de germoplasma usado históricamente en los programas de mejoramiento argentino identificó la presencia de arroces tipo *indica*, *japonica* templado y *japonica* tropical, lo cual concuerda con la información de pedigrí que señalaba que casi todas las variedades argentinas tienen un fondo genético de arroz tipo *japonica* (Giarrocco et al., 2007).

Bolivia. El arroz fue introducido a Bolivia entre los siglos XVI y XVII por los misioneros Jesuitas en la localidad de Mojo, en lo que es hoy el norte de La Paz y Cuzco, por los misioneros Franciscanos en el Norte de Santa Cruz, y por los españoles en otras regiones del país (Ortíz y Soliz, 2007).

Los primeros datos estadísticos señalan una producción de arroz de 8,5 t y una superficie sembrada de 8.700 ha en 1941. Esta superficie sembrada y producción son el reflejo de las políticas de fomento implementadas por el Estado, para dinamizar el sector agropecuario a finales de 1930, lo que facilitó la circulación de personas y el comercio entre varias localidades del país (Ortíz y Soliz, 2007).

En Bolivia, la investigación de arroz se inició en 1947, cuando la Corporación Boliviana de Fomento (CBF), en Santa Cruz, recibió la colección de germoplasma de arroz del Servicio Agrícola Interamericano (SAI). Este material fue entregado a la Estación Agrícola de los Llanos, hoy Estación Experimental Agrícola de Saavedra, dependiente del Centro de Investigación Agrícola Tropical

(CIAT). La colección de arroz estaba compuesta de variedades importadas y criollas. La evaluación del germoplasma señaló que las variedades locales presentaron un mayor rendimiento y resistencia a la tendadura, por lo cual algunas de ellas como 'Cateto', 'Mojito', 'Palo Colorado', 'Dorado' y '90 días Colorado' tuvieron mayor aceptación entre los agricultores. Sin embargo, a partir de la década de 1970, las variedades introducidas, como 'Bluebonnet' y 'Dawn-sel', empezaron a reemplazar a las variedades criollas por su mayor rendimiento y calidad de grano (Reyes y Candia, 1991).



Figura 12. Primeras siembras de arroz en Sudamérica.

Brasil. En Brasil no se conoce con exactitud el lugar y la fecha de la introducción del arroz. Posiblemente el primer arroz cosechado y consumido por los nativos fue en su forma silvestre, previo a la llegada de los portugueses a Brasil (Lee, 1960). Una información señala que, probablemente, fue introducido a Brasil por la flota de Pedro Álvares Cabral, pero la presencia del cultivo sólo se habría informado después de 1530 a la capitanía de São Vicente (Camargo y Matsunaga, 2012). Otra información señala que las primeras siembras de arroz se realizaron en Bahía, en el siglo XVI, con semilla proveniente de las Islas de Cabo Verde, en pequeñas superficies alrededor de las plantaciones de azúcar donde trabajaban los esclavos, quienes poseían la experiencia del manejo del cultivo, la tecnología de la cosecha y el procesamiento del grano (Carney, 2004).

Posterior a su introducción, el cultivo de arroz adquirió una mayor importancia, asociado a la expansión de las plantaciones de caña de azúcar en el noreste de Brasil, llegando a constituirse, en 1618, en el segundo alimento después de la yuca (Carney, 2004). Es así como, los colonizadores portugueses comenzaron a cultivar arroz en suelos de secano en las áreas en Maranhão (1745), Pernambuco (1750), Pará (1772), Bahía (1857) y Pelotas, Río Grande do Sul (1893).

En 1750, la política económica portuguesa estimuló el cultivo y la exportación de arroz en Brasil, como una manera de reducir su dependencia de Carolina del Sur. Esta situación llevó a establecer,

en 1760, el cultivo de arroz de riego en el Estado amazónico de Pará y Maranhão, similar al sistema utilizado en Carolina del Sur. Para ello fueron llevados esclavos con experiencia en el cultivo de arroz desde Guinea-Bissau y se instalaron los primeros molinos propulsados por agua. Todo ello permitió a la región de Maranhão convertirse en la región líder en la exportación de arroz entre 1760 y 1778 (Carney, 1998; 2001a; 2001b). En 1904 se introdujo el arroz bajo riego en la localidad de Pelotas y, a partir de 1912, la superficie con arroz regado aumentó progresivamente asociado al uso de las nuevas tecnologías de riego (Camargo y Matsunaga, 2012).

Es muy posible que las primeras siembras de arroz hayan sido con arroz africano (*O. glaberrima*) en la zona amazónica, el que no poseía una buena calidad. Como una manera de mejorar la producción y calidad del arroz producido en la zona, en 1766 se introdujo la variedad 'Carolina White' desde U.S.A. y en 1772 se prohibió la producción de las variedades locales, en favor de variedades importadas, con una fuerte oposición de los agricultores brasileños (Carney, 2004). Las exportaciones de arroz hacia Portugal aumentaron rápidamente desde 3,3 t en el año 1767 a 5.500 t en el año 1806 (Carney, 1998; 2004).

Después de la independencia de Brasil, la exportación de arroz a Portugal se redujo considerablemente, empezando a tomar mayor importancia como un alimento básico en la dieta de la población brasileña. Es así como, en algunas zonas de Brasil, se empezó a observar siembras de arroz asociadas a otros cultivos, por ejemplo, en plantaciones jóvenes de café, como una manera de obtener alimentos para el autoconsumo y algunos recursos antes de la entrada en producción de estas plantaciones (Platt, 1935).

En 1920, el área cultivada con arroz en el Estado de Santa-Catalina era aproximadamente de 16.500 ha y con una producción de unas 38.000 t. La producción de arroz era realizada, principalmente, por agricultores pequeños (5 ha) y un reducido número de agricultores con mayores superficies que también eran industriales. La zona de producción del arroz en este Estado se realizaba en la zona costera, en un área entre el océano y la cordillera costera y a 150 m s.n.m. y en una zona interior, hasta los 750 m s.n.m. donde se aprovechaba la abundante precipitación y la buena temperatura para la producción (Peixoto, 1925).

Las actividades realizadas para el cultivo del arroz dependían, principalmente, del tipo de suelo. Así, en suelos pantanosos sólo se cortaba la maleza y posteriormente se realizaba la siembra. En suelos con matorrales se cortaba y quemaba la vegetación y luego se realizaba la siembra. Sin embargo, en suelos de riego ('arroxeiras') de propiedad de colonos alemanes, italianos y rusos, se utilizaba una mayor tecnología (Peixoto, 1925).

La siembra en suelos de riego incluía preparación de suelos, utilizando animales o maquinaria, confección de canales y pretiles para el manejo del agua y tres alternativas de siembra: al voleo, mateado y mecanizado. La siembra al voleo se realizaba en siembras en suelo inundados, el mateado (golpes) en suelo de seco, en el cual una caña con punta realizaba un hoyo en el suelo donde se depositaban seis a 10 semillas; y la mecanizada que utilizaba una máquina tipo 'Planet'. La siembra se realizaba a una distancia entre hileras de 25 a 45 cm y con una dosis de semillas de 90 a 40 kg ha⁻¹, en siembras al voleo y mecanizada, respectivamente. Las principales variedades utilizadas eran 'Agulha' (largo-fino), 'Carolina', 'Dourado', 'Japonés' (corto-redondo), 'Honduras' (largo-fino); 'Mattão' (grande), 'Catêto', 'Catetinho' (cateto pequeño), entre otras. El control de malezas se realizaba con machetes en siembras en suelo inundado y por golpes con palas o en forma manual en las siembras mecanizadas.

En el arroz inundado se iniciaba el riego cuando las plantas tenían entre 15 y 20 cm de altura, el que se incrementaba gradualmente hasta el llenado del grano. Un mes antes de la cosecha se drenaban los campos para facilitar la cosecha. La cosecha del arroz se realizaba en forma manual, utilizando una echona o una pequeña navaja o cuchillo. Con la echona se cortaba la planta en la base, mientras que el cuchillo cortaba sólo la panícula. El secado se realizaba al aire

libre. La producción promedio era de 3.200 y 2.000 kg ha⁻¹, en sistemas de siembra de riego y secano, respectivamente (Peixoto, 1925).

Las primeras actividades de mejoramiento genético de arroz en Brasil empezaron en 1936 en el Instituto Agronómico de Campinas (IAC), donde se realizaron los primeros ensayos de variedades. En 1938 se inició un programa de hibridaciones entre el material introducido y el nacional (Viegas et al., 1945; Brondani et al., 2006) y se creó el Instituto Río Grandense de Arroz (IRGA), donde se empezó a trabajar en el mejoramiento genético de arroz de riego (Soares et al., 2004). Con posterioridad a 1970 se iniciaron nuevos programas de mejoramiento a nivel federal y estatal, lo que logró el desarrollo de un gran número de variedades y un aumento importante en la productividad del cultivo (de Souza et al., 2007; Breseghello et al., 2011), aunque muchas de ellas poseen una base genética estrecha (Cuevas-Pérez et al., 1992; Rabelo et al., 2015).

Colombia. Las primeras siembras de arroz en Colombia se realizaron en el Valle del Magdalena en el año 1580, en el área de Mariquita, hoy parte del Departamento de Tolima (Leurquin, 1967; Balcázar et al., 1980; Spijkers, 1983). En sus comienzos, el cultivo de arroz de secano fue muy precario, pues no se realizaba ninguna práctica cultural entre siembra y cosecha, donde los arroces de Cunday, de las lomas de Mariquita y del valle de San Juan, fueron famosos por la calidad del arroz producido (Leurquin, 1967; Balcázar et al., 1980). En esa época se cultivaba el arroz en asociación con maíz en la parte alta del río Magdalena (Balcázar et al., 1980).

En 1928 el cultivo de arroz se realizaba en el bajo Atrato, en la costa del Pacífico, el que se extendió posteriormente a los municipios de Armero, Venadillo, Alvarado y Mariquita en Tolima, y Campo Alegre, Huila (Fedearroz, 2017). En la región de la costa norte, el cultivo estuvo asociado a la expansión de la ganadería bajo el sistema de `colonización` que permitió también la expansión de la frontera agrícola (Leurquin, 1967; Balcázar et al., 1980; Spijkers, 1983). El nombre de `colonización` proviene de la `Colonia`, una penitenciaría que mantenía presos enviados desde Bogotá para su reeducación y que trabajaban en actividades agrícolas, como el corte de árboles, quema de vegetación y siembra de cultivos (Leurquin, 1967).

El desarrollo de la producción de arroz en la costa norte fue casi exclusivamente de secano, con uso de escasa tecnología. La semilla se introdujo probablemente al Departamento del Chocó desde Cartagena. Hacia 1934, el 50 % de la producción de arroz del país provenía de la costa norte (Balcázar et al., 1980). Este importante aumento de la producción se logró gracias al mejoramiento del transporte fluvial y al establecimiento de pequeños molinos por el gobierno (Leurquin, 1967). En 1948 se inicia el cultivo de arroz de riego mecanizado en la región de Los Llanos, en las sabanas entre los ríos Pajure y Guaruribe, donde se utilizaron las variedades `Monolaya`, `Fortune` y `Bluebonnet` (Balcázar et al., 1980).

Desde comienzos del siglo XVII se sembraba arroz también en la zona de Santa Fe de Antioquia y en Cáceres (Patiño, 1969). La producción de arroz de riego se ubicaba, principalmente, en San Jerónimo y en las llanuras de Sopetrán, sobre el río Aburrá y las de secano en Valdivia y Amalfi (Patiño, 1969). Uno de los factores que facilitó el auge del cultivo del arroz fue el bajo costo del transporte en los departamentos de Bolívar, Córdoba y Antioquia. En esta área se llegó a producir una parte importante del arroz nacional en la década de 1930. La mayor producción se transportaba en barcos a través de los ríos Manangué, Barranquilla y Cartagena (Leurquin, 1967).

Hasta principios del siglo XVIII, el cultivo del arroz no fue importante para la población colombiana. Sin embargo, a partir de la segunda parte de este siglo, el cultivo de arroz empezó a tomar una mayor importancia debido a la migración de la población desde las zonas altas, más densamente pobladas, a las regiones tropicales más bajas y menos pobladas (Spijkers, 1983).

Las primeras siembras de arroz se remontan al año 1577 y se empieza a producir arroz en la parte sur del Valle del Cauca, donde las grandes haciendas ganaderas incluyen pequeñas

superficies de siembra (Spijkers, 1983). A mediados del siglo XIX se realizan las primeras siembras comerciales de arroz de riego en la región de Guacarí, en asociación con el sistema ganadero (Patiño, 1969). Bajo este sistema de producción, el cultivo de arroz de riego se iniciaba con la inundación del terreno y la introducción de animales que comían el pasto natural y pisoteaban el suelo. Posteriormente se retiraban los animales y se realizaba la siembra al voleo en forma manual, en dos fechas de siembra: abril a mayo y septiembre a octubre. Durante el desarrollo del cultivo se realizaban riegos hasta poco antes de la cosecha y el control de malezas se realizaba en forma manual, al igual que la cosecha y la trilla. Una vez terminaba la cosecha, se iniciaba el segundo ciclo de siembra y cosecha del arroz (Balcázar et al., 1980).

La primera variedad usada en el Valle del Cauca fue 'Guacarí', nombre del municipio y centro de la producción de arroz. La variedad 'Guacarí' fue una selección del tipo 'Honduras' que mantuvo su liderazgo hasta 1930, donde se introdujo la variedad 'Guayaquil' desde Ecuador. Otras variedades sembradas en la época fueron 'Japonés' y 'Bomba'. En 1930 se iniciaron las primeras actividades del Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas, en Palmira, el que contribuyó con la introducción de nuevas variedades desde U.S.A., como 'Fortuna', 'Bluebonnet 50' y 'Zenith' (Balcázar et al., 1980).

En 1934, la mitad de la producción nacional se realizaba en tres departamentos en la costa norte, donde se cultivaba el arroz de pantano (Leurquin, 1967). A finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, el arroz era bien conocido a través de Colombia, llegando a convertirse en un alimento básico en las zonas tropicales, incluso en algunos grupos nativos, incorporados a la sociedad colombiana como los Cuna, Piapoco, Embera, Huanana y Guahibo (Spijkers, 1983).

Hasta mediados del siglo XX hubo un escaso apoyo de los gobiernos de Colombia a la agricultura, hasta la creación del Ministerio de Agricultura, en 1948. En los primeros años, la investigación y la extensión del arroz en Colombia fue realizada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Fedearroz y el programa de arroz del CIAT (Spijkers, 1983).

Ecuador. Aparentemente, la producción de arroz tiene sus inicios en la primera mitad del siglo XVIII, aunque su actividad puede ser más antigua (Patiño, 1969). Las primeras siembras de arroz se desarrollaron en las provincias de Guayas, Manabí y Esmeraldas, desde donde se extendió a la región de la Sierra. En el año 1895 se empezó a sembrar arroz en las localidades de Daule, Naranjito y Milagro (Guayas) (CEPAL, 1954).

En sus comienzos, el consumo del arroz no fue importante para la dieta ni la economía de la población ecuatoriana. Sin embargo, su producción tuvo una notable expansión durante la década de 1930, lo que se vio reflejado en el aumento de la superficie sembrada y su nivel de participación en el comercio exportador del país (CEPAL, 1954). Esta situación fue el resultado del aumento de la demanda y del precio internacional, como también de la disponibilidad de suelos para aumentar la superficie sembrada, y las políticas de protección y de estímulo del Estado (CEPAL, 1954).

Paraguay. El cultivo del arroz en Paraguay fue introducido por los misioneros Jesuitas en el siglo XVIII, alrededor de 1750. En sus comienzos, el arroz se sembraba en forma manual, en hileras y depositando varias semillas en un hoyo. La cosecha se realizaba a medida que las plantas iban madurando. El rendimiento obtenido era de, aproximadamente, 20 veces la cantidad del grano sembrado. La trilla se realizaba golpeando las panojas en morteros de madera. El grano cosechado poseía una cubierta epitelial roja amarronada con un sabor agradable y fuerte (Rengger, 2010).

A partir del año 1917, el arroz empezó a adquirir una mayor importancia, llegando gradualmente a satisfacer las necesidades del país en 1941. La superficie sembrada entre 1956 y 1970 fue de alrededor de 10 mil ha, con un rendimiento promedio de 2,3 t ha⁻¹ (da Costa, 1971).

La tecnología utilizada era muy precaria, las principales variedades sembradas eran 'Blue Rose', 'Zenith', 'Japonés', 'Bluebonnet 50', y poseían una mala calidad, con presencia de grano rojo (10 % - 15 %), mezcla mecánica de variedades y bajo poder de germinación. Se estimaba que sólo 10 % de los agricultores usaba semilla de buena calidad. El sistema de siembra era al voleo, con una dosis de semilla de entre 100 y 150 kg ha⁻¹, sin aplicación de fertilizantes y un sistema de riego intermitente. Las principales enfermedades eran *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae* y *Sclerotium oryzae*. La cosecha se realizaba en forma manual y el arroz cortado era dejado sobre el rastrojo por 48 a 96 h para su secado. Posteriormente, las gavillas eran transportadas en trineos de madera, tirados por bueyes hasta las trilladoras (da Costa, 1971).

Perú. El arroz fue introducido a Perú por los españoles en la segunda mitad del siglo XVI, localizándose las primeras siembras en los valles costeros del sur del país, como Chicama y Moche, alrededor de 1550, y en el Valle de Cañete en 1570 (Prochazka, 1988). En la mitad del siglo XVII, el arroz se cultivaba en Pacasmayo y desde la localidad de Saña se transportaba el arroz a Panamá. En la segunda mitad del siglo XVIII se enviaba el arroz desde Trujillo a Lima (Patiño, 1969).

Durante el Virreinato de Lima y en los primeros tiempos de la República, el arroz permaneció como un cultivo secundario, pero a partir de los años 1860-1870, el cultivo empezó a adquirir mayor importancia como alimento básico de la población peruana, lo que coincidió con la llegada de los inmigrantes chinos o 'coolies' que vinieron a reemplazar a los esclavos en las labores agrícolas. En 1865 el consumo de arroz era de 20.000 t, de las cuales un 70 % eran producidas en el país (Prochazka, 1988).

En sus comienzos, la producción de arroz fue escasa y de mala calidad, ya que se usaban variedades antiguas y escasa tecnología en la producción y en el proceso industrial. Las primeras variedades sembradas en Perú fueron 'Estaquilla' y el arroz 'Chino Colorado'. Posteriormente, se sembraron variedades de mejor calidad como 'Chino Blanco', 'Carolino Dorado', 'Honduras', 'Java Barba Azul', 'Gigante', 'Vialone', 'Blue Rose' y 'Español' (Montero, 1930; Prochazka, 1988). En 1923 la producción de arroz en Perú era de 31.000 t, la que llegó a 56.000 t en 1929 (Montero, 1930).

En 1927 se creó la Estación Experimental Agronómica de Lambayeque en la principal zona productora de arroz, dando comienzo al mejoramiento genético y a la producción de nuevas variedades y tecnologías de producción (Prochazka, 1988; Rimache, 2008). En 1930 el arroz pasó a ser el tercer cultivo en importancia de la costa peruana, después de la caña de azúcar y el algodón. Se cultivaba, principalmente, en los departamentos de Lambayeque y Libertad, y en pequeñas cantidades en el departamento de Arequipa. Posteriormente, el cultivo se extendió a los departamentos de Piura, Ancash, Lima y Tumbes (Montero, 1930).

La Estación Experimental Agropecuaria de Lambayeque empezó su trabajo con la introducción y evaluación de germoplasma de Asia y Norte América, y en el año 1943 inició un programa de cruzamientos que dio lugar a la variedad 'Minabir 2', liberada en 1953, y 'EAL 60' liberada en 1960. En 1966 se introdujo 'IR8', la primera variedad *indica* semi-enana producida por el IRRI, la que fue adoptada rápidamente por los agricultores (Martínez et al., 2014). En 1968 se formó el Programa Nacional de Arroz (Rimache, 2008) que inició el desarrollo de variedades locales como 'Chancay' y 'Naylamp' (Martínez et al., 2014).

Uruguay. El arroz se encuentra presente en Uruguay desde fines del siglo XVIII. Entre los principales hechos históricos que marcan el desarrollo del cultivo en Uruguay se pueden mencionar los siguientes: primeros ensayos realizados en 1869; establecimiento de la primera siembra de arroz en Santa Rosa de Cuareim (hoy Bella Unión) en 1890; establecimiento de un pequeño arrozal en Tranqueras (Departamento de Rivera) en 1912; cultivo de arroz en Juanicó, departamento de Canelones en 1913; ensayo de arroz por la Facultad de Agronomía, Sayago, Montevideo, en 1915; cultivo de arroz en el Departamento de Maldonado en 1919; establecimiento del primer campo

arrocero en Paysandú en 1926; establecimiento de las primeras industrias arroceras en la zona este, Laguna Merín, en 1927; y la formación de varias organizaciones de productores de arroz (CIPA S.A. y Arrozal 33 S.A.) entre 1930 a 1935 en la cuenca del lago Merín (Asociación de Cultivadores de Arroz, ACA, 2019).

Los primeros datos estadísticos sobre la producción de arroz en Uruguay indican una superficie sembrada de arroz de 390 ha en la temporada 1930/1931, con un rendimiento promedio de 2,2 t ha⁻¹. Esta superficie sembrada aumentó a 19.794 ha en 1954 (Posada, 1992).

Venezuela. La introducción del arroz a Venezuela ocurrió en el siglo XVI (Patiño, 1969) y muy probablemente desde la isla La Española (Ortiz y López, 2012). Durante el siglo XVIII, se sembraba arroz en Urama, Nirgua y San Miguel de Acarigua de los Coyones y en las haciendas de los jesuitas (Patiño, 1969).

En el período 1931-1943 se realizaron varias campañas de fomento del cultivo, como supresión de las importaciones del arroz y distribución de semillas a los agricultores, instalación de primeros molinos y la fijación de precios mínimos, las que estuvieron acompañadas de programas de extensión destinados a incentivar el uso de tecnología para asegurar la rentabilidad del cultivo (Ortiz y López, 2012).

En 1943, se iniciaron los trabajos de mejoramiento genético en arroz en el Departamento de Ciencias del Instituto Experimental Agrícola y Zootecnia (MAC), cuyo objetivo principal era el desarrollo y liberación de nuevas variedades de alto rendimiento, resistente a enfermedades, ciclo vegetativo corto a intermedio (menor a 170 d) y buena calidad de grano (Pieters et al., 2011). Las variedades más sembradas en aquella época eran 'Zenith' y 'Blue Bonnet' (Ortiz y López, 2012). En 1946, se creó la Corporación Venezolana de Fomento (CVF) y en 1949 se inició el Plan Arrocero que incluía la coordinación del trabajo de varias instituciones como el Banco Agrícola y Pecuario, molinos, servicios de investigación, asistencia técnica, de extensión del MAC y los agricultores. A partir de 1953 se inició una mayor explotación comercial del cultivo del arroz, apoyado por un plan arrocero desarrollado en la colonia agrícola de Turén, Estado de Portuguesa (Páez, 2004).

En los Llanos Occidentales se pueden identificar un par de hitos importantes en la producción de arroz. Primero, la incorporación de variedades importadas como 'Blue-Bonnet 50', entre 1949 y 1979, y segundo la incorporación del riego a principios de 1960 (Páez, 2004). En la zona central, el incentivo del riego, en el año 1957 para mejorar la producción ganadero, contribuyó también a aumentar la producción y a la incorporación de nuevas variedades más competitivas como 'Blue-Bonnet 50', 'Zenith', 'Rexoro' que reemplazaron a las variedades locales como 'Chollet' y 'Llanero 501' (Páez, 2004).

En los últimos 50 años, el desarrollo de nuevas variedades ha permitido un aumento del rendimiento de 32 %, asociado, principalmente, a una mayor tolerancia a las enfermedades (Pieters et al., 2011). Los análisis de diversidad genética realizados en el germoplasma venezolano de arroz señalan la presencia de una estrecha base genética de las variedades desarrolladas hasta ahora (Acevedo et al., 2007; Herrera et al., 2008).

Guyanas. El arroz ha sido cultivado por varios siglos en las Guyanas (Guyana, Surinam y Guyana Francesa). Sus inicios se remontan al siglo XVII y XVIII, cuando los dueños de las plantaciones azucareras importaban arroz de U.S.A. y África Occidental, como alimento para los esclavos (van Andel et al., 2016). En esta época se sembraba arroz de secano en pequeñas superficies y en los alrededores de las plantaciones, pues estaba prohibido a los esclavos sembrar arroz en superficies mayores. Cuando los esclavos (cimarrones) escaparon de las plantaciones, empezaron a sembrar arroz en sus comunidades en las orillas de los ríos, y en los suelos de los bosques interiores de Guyana, Surinam y Guyana Francesa. Este tipo de actividades permitieron mantener una amplia diversidad genética de variedades antiguas, a pesar de la introducción de variedades más

modernas a partir de 1940 (van Andel, 2010; van Andel et al., 2019). El cultivo de arroz comercial en las Guayanas empezó a comienzos de 1900, en los pantanos de la costa de Guyana y Surinam (van Andel et al., 2019).

Surinam. El desarrollo del cultivo de arroz en Surinam estuvo asociado a tres eventos que marcaron a la sociedad: 1) al comercio de esclavos que ocurrió entre los siglos XVIII y XIX, cuando el arroz era cultivado principalmente para el autoconsumo y en pequeñas superficies por esclavos, pues estaba prohibida su siembra en grandes plantaciones hasta 1800 - 1810; 2) a la llegada de trabajadores asiáticos, desde India y Java, reclutados en las islas británicas y holandesas a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, para realizar la producción comercial destinada al mercado nacional e internacional; y 3) a la revolución verde, en la segunda mitad del siglo XX, que desarrolló nuevas variedades y tecnologías. Cada uno de estos episodios impactó en el origen de las variedades que llegaron y que se empezaron a cultivar en Surinam, así como el uso de nuevas tecnologías y formas de producción y, finalmente, en la economía del país (Maat y van Andel, 2018).

Consideraciones finales

El arroz *japonica*, después de su domesticación en el sur de China, se difundió a los diferentes continentes, hacia el norte y sur de China, desde donde se difundió a Corea, Japón y el Sudeste de Asia. Posteriormente, esta difusión continuó a Europa, Australia y América. En América el arroz llegó en forma independiente a U.S.A. y Brasil. En este proceso de introducción del arroz al continente americano, tuvo una gran influencia el comercio de esclavos y la presencia de los colonizadores ingleses, portugueses y españoles.

Referencias

- Acabado, S., Martin, M., Lauer, A. 2014. Rethinking history, conserving heritage: archaeology and community engagement in IFUAGO, Philippines. *The SAA Archaeol. Record* 12-17.
- Acevedo, M., Torres, E., Moreno, O., et al. 2007. Base genética de los cultivares de arroz de riego liberados en Venezuela. *Agron. Trop.* 57:197-204.
- Adanir, F. 1989. Tradition and rural change in Southeastern Europe during Ottoman rule. p. 131-176. In Chiro, D. (ed.) *The origins of Backwardness in Eastern Europe*. University of California Press, Los Angeles, California, USA.
- Adshead, S. 1997. *Material culture in Europe and China. 1400-1800*. McMillan Press, London, UK.
- Agrama, A., Yan, W., Jia, M., et al. 2010. Genetic structure associated with diversity and geographic distribution in the USDA rice world collection. *Nat. Sci.* 2:247-291.
- Ahn, S. 2010. The emergence of rice agriculture in Korea: archaeobotanical perspectives. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 2:89-98.
- Allonte, G. 1997. Rice production and consumption in Roumania. In Chataigner, J. (ed.) *Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen*. CIHEAM, Montpellier, France. *Cah. Options Mediterr.* 24(2):153-155.
- Alvarez, A., Fuentes, J., Puldón, V., et al. 2007. Genetic diversity analysis of Cuban traditional rice (*Oryza sativa* L.) varieties based on microsatellite markers. *Genet. Mol. Biol.* 30:1109-1117.
- Artiga, S. 1970. Situación actual del arroz en El Salvador. En Montoya, L. (Coord.) *Reunión técnica sobre programación de la investigación y extensión agrícola en arroz para América Central*. Vol. 1. Panamá, 21-25 septiembre. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica.

- Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA). 2019. <http://www.aca.com.uy/wp-content/uploads/2014/07/Historia-del-Arroz-en-Uruguay.pdf>.
- Badura, M., Mozejko, B., Swieta-Musznicka, J., et al. 2015. The comparison of archaeobotanical data and the oldest documentary records (14th-15th century) of useful plants in medieval Gdańsk, northern Poland. *Veget. Hist. Archaeobot.* 24:441-454.
- Baeta, J. 1997. Production et consommation du riz au Portugal. In Chataigner, J. (ed.) *Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen*. CIHEAM, Montpellier, France. *Cah. Options Mediterr.* 24:151-152.
- Balcázar, A., Marulenda, O., Rojas, H., et al. 1980. Estructura y organización de la producción de arroz en Colombia. In *Cambio técnico en la producción de arroz en Colombia 1950-1979*. Proyecto Cooperativo de Investigación sobre Tecnología Agropecuaria en América Latina (PROTAL), Oficina de Investigaciones Socioeconómicas y Legales (OFISEL), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-OEA, Bogotá, Colombia.
- Bale, M. 2011. The archaeology of early agriculture in the Korean Peninsula: an update on recent developments. *Indo-Pacific prehistory Association Bull* 21:77-84.
- Ballesteros, R. 1997. Rice production and research in Spain. In Chataigner, J. (ed.) *Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen*. CIHEAM, Montpellier, France. *Cah. Options Mediterr.* 24:161-164.
- Beaux, J. 1975. La culture du riz en Camargue, aspects techniques et commerciaux actuels. *Méditerranée*. https://www.persee.fr/issue/medit_0025-8296_1975_num_22_3?sectionId=medit_0025-8296_1975_num_22_3_1622:53-68.
- Bellwood, P. 1997. *Prehistory of the Indo-Malaysian Archipelago*. 2nd Edition. Honolulu. Univ. Hawaii Press.
- Bellwood, P. 2011a. Holocene population history in the Pacific region as a model for worldwide food producer dispersals. *Curr. Anthropol.* 52(S4):S363-S377.
- Bellwood, P. 2011b. The Checkered prehistory of rice movements southwards as a domesticated cereal-from the Yangtze to the Equator. *Rice* 4:93-103.
- Bellwood, P., Dizon, E. 2005. The Batanes archaeological project and the 'Out of Taiwan' hypothesis for Austronesian dispersal. *J. Austron. Stud.* 1:1-33.
- Bellwood, P., Gillespie, R., Thompsom, G., et al. 1992. New dates for prehistoric Asian rice. *Asian Persp.* 31:161-170.
- Bellwood, P., Oxenham, M., Bui, C., et al. 2011. An Son and the Neolithic of Southern Vietnam. *Asian Perspect.* 50:144-174.
- Benes, J., Čultíková, V., Kosňovská, J., et al. 2012. New plants at Prague Castle and Hradčany in the Early Modern Period: a history of selected species. *IANSA* 3:103-114.
- Benítez, F. 1989. *La Nao de China*. 183 p. Ed. Cal y Arena, México D.F.
- Benoiel, B. 1928. La Riziculture en Portugal. *Riz et Riziculture* 3:137-160.
- Berleant, R. 2012. Beans, peas, and rice in the Eastern Caribbean. p. 81-100. In Wilk, R., Barbosa, L. (eds.) *Rice and beans: a unique dish in hundred places*. Publisher Berg. doi:10.13140/2.1.25730244.
- Bourke, R. 2009: History of Agriculture in Papua New Guinea. p. 10-26. In Bourke, R., Harwood, T. (eds.) *Food and agriculture in Papua New Guinea*. ANU Press, 2009. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt24h987.12>.

- Boyadjiev, P. 1996. Rice production in Bulgaria. In Chataigner, J. (ed.) *Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen*. CIHEAM, Montpellier, France. *Cah. Options Méditerran.* 24(2):15-29
- Breseghele, F., Morais, O., Pinheiro, P., et al. 2011. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. *Crop Sci.* 51:914-923.
- Brjezitsky, M. 1928. Le riz en URSS. *Riz et Riziculture* 3:57-69.
- Brjezitsky, M. 1933. Extension de la culture du riz vers le north de l'URSS. *Riz et Riziculture* 7: 177-181.
- Brondani, C., Oliveira, T., Rangel, P., et al. 2006. Determination of genetic variability of traditional varieties of Brazilian rice using microsatellite markers. *Gen. Mol. Biol.* 29:676-684.
- Cabezas, E., Espinoza, A. 2000. El arroz en América: su introducción y primeras siembras. *Rev. Hist. Amer.* 26:7-18.
- Cai, X., Fan, J., Jiang, Z., et al. 2013. The puzzle of Italian rice origin and evolution: determining genetic divergence and affinity of rice germplasm from Italy and Asia. *PLoS ONE* 8:e80351.
- Caimo, R. 2019. L'importanza delle varietà locali e delle cultivar obsolete per l'agricoltura biologica: l'esempio del riso. p. 144-146. In Rossi, G., Guzzon, F., Canella, M. et al. (eds.) *Le varietà agronomiche lombarde tradizionali a rischio di estinzione o di erosione genetica Ortive e cerealicole: uno sguardo d'insieme*. 174 p. Pavia Univ. Press. Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia, Italy.
- Calatayud, S. 2002. Tierras inundadas. El cultivo del arroz en la España contemporánea (1800-1936). *Rev. Hist. Econ.* 1:39-80.
- Camargo, A., Matsunaga, E. 2012. El mercado de arroz en Brasil. p. 41-55. En *El mercado de arroz en los países del CAAS*. Grupo Técnico 2. *Sistemas de Información de Mercados y Pronósticos de Cosecha Red de Políticas Agropecuarias (REDPA) Consejo Agropecuario del Sur (CAS)*.
- Carcaño, D., Livore, A. 1991. Mejoramiento del arroz en la Argentina. p. 5-18. En Puignau, J.P. (ed.) *Mejoramiento del arroz*. *Dialogo XXXIII*. Programa Cooperativo para El Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur, PROCISUR, IICA, Montevideo, Uruguay.
- Carney, J. 1998. The role of African rice and slaves in the history of rice cultivation in the Americas. *Human Ecol.* 26:525-545.
- Carney, J. 2001a. *Blackrice: The African origins of rice cultivation in the Americas*. Cambridge MA. Harvard University Press.
- Carney, J. 2001b. African rice in the Columbian exchange. *J. Afric. Hist.* 42:377-396.
- Carney, J. 2003. The African antecedents of Uncle Ben in U.S. rice history. *J. Hist. Geogr.* 29:1-21.
- Carney, J. 2004. With grains in her hair: rice in colonial Brazil. *Slav. Abol.* 25:1-27.
- Carney, J. 2011. West Africa and the origin of Mexican rice cultivation and rice gastronomy. <http://3africanastudies.blogspot.com/2011/02/west-africa-and-origin-of-mexican-rice.html>
- Castillo, C. 2011. Rice in Thailand: the archaeobotanical contribution. *Rice* 4:114-120.
- Castillo, C. 2014. The rice remains from Temmanggung: first evidence of tropical *japonica* in Indonesia. p. 267-278. In Abbas, N. (ed.) *Liangan: Mozaik Peradaban Mataram Kuno di Lereng Sindoro*. Kepel Press, Yogyakarta, Indonesia.
- Castillo, C. 2017. Development of cereal agriculture in prehistoric mainland Southeast Asia. *Man India* 97:335-352.

- Castillo, C. 2018. The archaeology of Khao Sek. *Archaeol. Res. Asia*. 13:74-77.
- Castillo, C., Bellina, B., Fuller, D. 2016a. Rice, beans and trade crops on the early maritime silk route in Southeast Asia. *Antiquity* 90:1255-1269.
- Castillo, C., Fuller, D. 2010. Still too fragmentary and dependent upon chance? Advances in the study of early Southern Asian archaeobotany. In Bellina-Pryce, B., Pryce, T.O., Bacus, E., et al. (eds.) 50 years of archaeology in Southeast Asia: Assays in honor of Ian Glover. River Books, Bangkok.
- Castillo, C., Fuller, D., Piper, P. 2017. Hunter-gather specialization in the Late Neolithic of Southern Vietnam-The case of Rach Nui. *Quat. Int.* 489:63-79.
- Castillo, C., Higham, C., Miller, K., et al. 2018a. Social response to climate change in Iron Age north-east Thailand: new archaeobotanical evidence. *Antiquity* 92:1274-1291.
- Castillo, C., Polkinghorne, M., Vincent, B., et al. 2018b. Life goes on: Archaeobotanical investigations of diet and ritual at Angkor Thom, Cambodia (14th-15th centuries CE). *The Holocene* 28:930-944.
- Castillo, C., Tanaka, K., Sato, Y., et al. 2016b. Archaeogenetic study of prehistoric rice remains from Thailand and India: Evidence of early *japonica* in South and Southeast Asia. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 8:523-543.
- CEPAL. 1954. El desarrollo económico del Ecuador (E/CN.12/295). 709 p. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), México. Publicación de la Naciones Unidas, Ministerio de Coordinación de Política Económica, Quito, Ecuador.
- Chambliss, C., Adams, E. 1915. The culture of rice in California. *Farmers Bulletin* N° 688. USDA, USA.
- Chataigner, J., Mouret, J. 1997. Recherche et production rizicole en France. In Chataigner, J. (ed.) *Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen*. CIHEAM, Montpellier, France. *Cah. Options Mediterr.* 24:117-126.
- Choe, C. 1982. The diffusion route and chronology of Korean plant domestication. *J. Asian Studies* 41: 519-529.
- Choe, C., Bale, M. 2002. Current perspectives on settlement, subsistence, and cultivation in prehistoric Korea. *Artic Anthropol.* 39:96-121.
- Choy, K., Richards, M. 2010. Isotopic evidence for diet in the Middle Chulmun period: a case study the Tongsamdong shell midden, Korea. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 2:1-10.
- Cobo, J., Fort, J., Isern, N. 2019. The spread of domesticated rice in eastern and southeastern Asia was mainly demic. *J. Archaeol. Sci.* 101:123-130.
- Cömertpay, G., Baloch, F., Derya, M., et al. 2016. Population structure of rice used in Turkish rice breeding programs determined using simple-sequence repeat and inter-primer binding site-retrotransposon data. *Genet. Mol. Res.* 15:1-14.
- Courtois, B., Frouin, J., Greco, R., et al. 2012. Genetic diversity and population structure in a European collection of rice. *Crop Sci.* 52:1663-1675.
- Crawford, 2011. Advances in understanding early agriculture in Japan. *Curr. Anthropol.* 52: S331-S345.
- Crawford, G., Chen, S. 1998. The origins of rice agriculture: recent progress in East Asia. *Antiquity* 72:858-866.
- Crawford, G., Chen, X., Wang, J. 2006. Houli culture rice from the Yuezhuang site, Jinan. *East Asia Archaeol.* 3:247-251.

- Crawford, G., Lee, G. 2003. Agricultural origins in the Korean Peninsula. *Antiquity* 77:87-95.
- Crist, R. 1957. Rice culture in Spain. *The Scientific Monthly* 84:66-74.
- Cuevas-Pérez, F., Gimaraes, E., Berrio, L., et al. 1992. Genetic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean. 1971 to 1989. *Crop Sci.* 32:1054-1059.
- D'Alpoim Guedes, J., Hanson, S., Higham, C., et al. 2019. The wet and the dry, the wild and the cultivated: subsistence and risk management in ancient Central Thailand. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 11:6473-6484.
- D'Alpoim Guedes, J., Hanson, S., Lertcharnrit, T., et al. 2020. Three thousand years of farming strategies in Central Thailand. *Antiquity* 94:966-982.
- D'Andrea, A., Crawford, G., Kudo, M. 1995. Late Jomon cultigens in northeastern Japan. *Antiquity* 69:146-152.
- Da Costa, P. 1971. El arroz en el Paraguay. Programa de Investigación. 1971/72-1975/76. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas zona sur, Montevideo, Uruguay.
- Dal Martello, R., Min, R., Stevens, C. et al. 2018. Early agriculture at the crossroads of China and Southeast Asia: archaeobotanical evidence and radiocarbon dates from Baiyangcun, Yunnan. *J. Archaeol. Sci.: Rep.* 20:711-721.
- De Souza, M., Morais, O., Herán, R., et al. 2007. Progreso genético do melhoramiento de arroz de terras altas no período de 1950 a 2001. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília* 42:371-376.
- Denham, T. 2011. Early agriculture and plant domestication in New Guinea and Island Southeast Asia. *Curr. Anthropol.* 52:S379-S395.
- Denham, T. 2013. Early farming in Island Southeast Asia: an alternative hypothesis. *Antiquity* 87:250-257.
- Dobby, E. 1938. The Ebro Delta. *Geographical J.* 87:455-469.
- Efferson, J. 1952. Surplus-rice regions of Africa and Europe: Italy. p.258-267. In *The production and marketing of rice*. The rice Journal. Simmons Press, New Orleans, Louisiana. 550p.
- Enrique, R. 1991. Felipe de Jesús, El Santo Criollo. 193 p. Librería Parroquial de Clavería, México, D.F.
- Evered, K., Evered, E. 2016. A conquest of rice: agricultural expansion, improvement, and malaria in Turkey. *Hist. Agraria* 68:103-136.
- Faivre-Rampant, O., Bruschi, G., Abbruscato, P., et al. 2011. Assessment to genetic diversity in Italian rice germplasm related to agronomic traits and blast resistance (*Magnaporthe oryzae*). *Mol. Breed.* 27:233-246.
- Falvey, J. 2010. History of rice in South East Asia and Australia. p. 183-224. In Sharma, S.D. (ed.) *Rice: origin, antiquity and history*. CRC Press, Florida, USA. doi:10.1201/EBK1578086801-c7.
- Faroqhi, S. 1993. Tarsus and the Tahrir. *Osmanli Araştırmaları XIII. J. Ottoman Stud.* 13:75-89.
- Fedearroz. 2017. Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz). <http://www.fedearroz.com.co/new/historiaarroz.php>.
- Fernández, J., Rondina, J. 2006. Las cuestiones económicas fundamentales. La consolidación del desarrollo ganadero. p. 66-69. En *Historia de Argentina. Tomo I (1810-1930)*. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

- Fuentes, J., Arteché, J., Suárez, E., et al. 2004. Genetic base and commercial utilization of rice varieties in Cuba. *J. Genet. Breed.* 58:329-338.
- Fuentes, J., Cornide, M., Álvarez, A., et al. 2005. Genetic diversity analysis of rice varieties (*Oryza sativa* L.) based on morphological, pedigree and DNA polymorphisms data. *Plant Genet. Res.* 3:353-359.
- Fuentes, J., Escobar, F., Álvarez, A., et al. 1999. Analysis of genetic diversity in Cuban rice varieties using AFLP, RAPD and isozyme markers. *Euphytica* 109:107-115.
- Fuentes, J., Ramírez, I., Arteché, J., et al. 2003. Genetic base of Cuban rice varieties released between 1972 and 1993. *Cultivos Tropicales* 24:55-61
- Fujino, K., Hirayama, Y., Kaji, R. 2019b. Marker-assisted selection in rice breeding programs in Hokkaido. *Breed. Sci.* 69:383-392.
- Fujino, K., Nishimura, T., Kiuchi, H., et al. 2017. Phenotype changes during 100-year rice breeding programs in Hokkaido. *Breed. Sci.* 67:528-534.
- Fujino, K., Obara, M., Ikegaya, T., et al. 2015. Genetic shift in local rice populations during rice breeding programs in the northern limit of rice cultivation in the world. *Theor. Appl. Genet.* 128:1739-1746.
- Fujino, K., Obara, M., Ikegaya, T. 2019a. Establishment of adaptability to the northern-limit of rice production. *Mol. Genet. Genomics* 294:729-737.
- Fujino, K., Yamanouchi, U., Nonoue, Y., et al. 2019c. Switching genetic effects of the flowering time gene *Hd1* in LD conditions by *Ghd7* and *OsPRR37* in rice. *Breed. Sci.* 69:127-132.
- Fuller, D., Boivin, N., Hoogervorst, T., et al. 2011. Across the Indian Ocean: The prehistoric movement of plants. *Antiquity* 85:544-558.
- Fuller, D., Qin, L. 2009. Water management and labor in the origins and dispersal of Asian rice. *World Archaeol.* 41:88-111.
- Fuller, D., Sato, Y., Castillo, C., et al. 2010. Consilience of genetics and archaeobotany in the entangled history of rice. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 2:115-131.
- Fusón, R. 1958. The savanna of central Panamá: a study in cultural geography. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College. LSU Historical Dissertations and Theses. 461. https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_disstheses/461.
- Gadal, N., Shrestha, J., Poudel, M.N., et al. 2019. A review on production status and growing environments of rice in Nepal and in the world. *Arch. Agric. Environ. Sci.* 4:83-87.
- Gao, Y., Dong, G., Yang, X., et al. 2020. A review on the spread of prehistoric agriculture from southern China to mainland Southeast Asia. *Sci. China Earth Sci.* 63:615-625.
- Garris, A., Tai, T., Coburn, J., et al. 2005. Genetic structure and diversity in *Oryza sativa* L. *Genetics* 169:1631-1638.
- Geisseler, D., Howarth, W. 2016. Rice production in California. U. de California, Davis. https://apps1.cdafa.ca.gov/FertilizerResearch/docs/Rice_Production_CA.pdf
- Giarrocco, L., Marassi, M., Salerno, G. 2007. Assessment of the genetic diversity in Argentine rice cultivars with SSR markers. *Crop Sci.* 47:853-860.
- Helmers, K. 1997. Rice in the Cambodian economy: past and present. In Nesbitt, H.J. (ed.) *Rice production in Cambodia*. International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Philippines.

- Herber, L., Kruger, R., Fontana, M. 2017. El cultivo de arroz en Corrientes. Una producción con historia. En Proyecto arroz. Resultados campaña 2016/2017. INTA Corrientes, Argentina.
- Herrera, T., Duque, D., Almeida, I., et al. 2008. Assessment of genetic diversity in Venezuelan rice cultivars using sequence repeats markers. *Electron. J. Biotechnol.* 11:3-4.
- Higham, C. 2004. Mainland Southeast Asia from the Neolithic to the Iron Age. p. 41-67. In Glover, I., Bellwood, P (eds.) *Southeast Asia: from prehistory to history*. Routledge Curzon, London, UK.
- Higham, C. 2014. From the Iron Age to Angkor: new light on the origins of a state. *Antiquity* 88:822-835.
- Higham, C., Douka, K., Higham, T. 2015. A new chronology for the Bronze Age of northeastern Thailand and its implications for Southeast Asia prehistory. *PLoS ONE* 10(9):e0137542.
- Higham, C., Higham, T., Ciarla, R., et al. 2014. The excavation of Non Ban Jak, Northeast Thailand. A report on the first three seasons. *J. Indo-Pacific Archaeol.* 34:1-41.
- Hill, R. 2012. *Rice in Malaya: A study in historical geography*. NUS Press, Singapore.
- Hung, H. 2005. Neolithic interaction between Taiwan and Northern Luzon: the pottery and Jade Evidences from the Cagayan valley. *J. Austron. Studies* 1:109-133.
- Hung, H., Carson, M., Bellwood, P., et al. 2011. The first settlement of remote Oceania: Luzon to the Marianas. *Antiquity* 85:909-926.
- Huong, N. 2017. Burnt rice from four archaeological sites in northern Vietnam. *Vietnam Social Sci.* 3:64-77.
- Hütteroth, W.D. 2006. Ecology of the Ottoman lands. p. 18-43. In Faroqhi, S. (ed.) *The Cambridge History of Turkey*. Vol. 3. The later Ottoman Empire, 1603-1839. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Inalcik, H. 1994. Settlements. p. 165-163. In Inalcik, H., Quataert, D. (eds.) *An economic and social history of the Ottoman Empire*. Vol. 1. 1300-1600. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jayamani, P., Negrao, M., Macas, B., et al. 2007. Genetic relatedness of Portuguese rice accessions from diverse origins as assessed by microsatellite markers. *Crop Sci.* 47:879-886.
- Kagawa, M. 1973. Primitive agriculture in Japan: Latest Jomon Agricultural society and means of production. *Asian Perspectives* 16:1-4.
- Kho, S. 1987. Rice cultivation. In *Koreans in Soviet Central Asia*. Stud. Orient. Electron., Helsinki 61:71-100.
- Khush, G. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Mol. Biol.* 45:25-34.
- Kim, M. 1982. Discoveries of rice in prehistoric sites in Korea. *J. Asian Studies* 41:513-518.
- Kim, M. 2014. Rice ethnicity, and the collation of archaeobotanical data for prehistoric Korea. *Archaeol.* 10:168-193.
- Kim, M. 2015. Rice in ancient Korea: status symbol or community food? *Antiquity* 89:838-853.
- Kim, M., Ahn, S., Jeong, Y. 2013. Rice (*Oryza sativa* L.): Seed-size comparison and cultivation in Ancient Korea. *Econ. Bot.* 67:378-386.
- Kim, H., Jeong, E., Ahn, D., et al. 2014. Nuclear and chloroplast diversity and phenotypic distribution of rice (*Oryza sativa* L.) germplasm from the Democratic People's Republic of Korea (DPRK; North Korea). *Rice* 7:7.

- Kim, M., Oh, R., Bang, M., et al. 2018. Rice and social differentiation on a volcanic island: An archaeobotanical investigation of Yerae-don, Korea. *Camb. Archaeol. J.* 28:475-491.
- King, C., Bentley, R., Higham, C., et al. 2014. Economic change after the agricultural revolution in Southeast Asia? *Antiquity* 88:112-125.
- King, C., Bentley, R., Tayles, N., et al. 2013. Moving peoples, changing diets: isotopic differences highlight migration and subsistence changes in the Upper Min River Valley, Thailand. *J. Archaeol. Sci.* 40:1681-1688.
- Kingwell-Banham, E., Bohingamuwa, W., Perera, N., et al. 2018. Spice and rice: pepper, cloves and everyday cereal foods at the ancient port of Mantai, Sri Lanka. *Antiquity* 92:1552-1570.
- Knapp, S. 1903. Rice. p. 102-109. *Papers and Proceedings of the Sixteenth Annual Meeting. Part I. New Orleans, Louisiana. 29-31 December. American Economic Association 3rd Series, Vol. 5, Nr 1.* <http://www.jstor.org/stable/2999861>.
- Kovach, M., Calingacion, M., Fitzgerald, M., et al. 2009. The origin and evolution of fragrance in rice (*Oryza sativa* L.). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106: 14444-14449.
- Kumagai, M., Kanehara, M., Shoda, S., et al. 2016. Rice varieties in Arthic East Asia: Reduction of its diversity from past to present times. *Mol. Biol. Evol.* 33:2496-2505.
- Lami, R. 1952. La Culture du Riz en Camargue. *Riz et Riziculture* 3:25-83.
- Laufer, B. 1919. Rice. p. 372-373. In *Chinese contribution to the history of civilizations in ancient Iran. Sino-Iranica, Field Museum of Natural History Publication N°201. With special reference to the history of cultivated plants and products. The blackstone expedition. Anthropological Series 25 N°3. Chicago. 628 p.*
- Lee, J. 2017. Agricultural practice on the Korean Peninsula taking into account the origin of rice agriculture in Asia. *Archaeol. Ethnol. Anthropol. Eurasia* 45:36-48.
- Lee, C. 1960. A culture history of rice with special reference to Louisiana. *LSU Historical Dissertations and Theses. 597.* https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_disstheses/597.
- Lee, G. 2011. The transition from foraging to farming in prehistoric Korea. *Curr. Anthropol.* 52:S307-S329.
- Lee, H., French, C., Macphail, R. 2014. Microscopic examination of ancient and modern irrigated paddy soils in South Korea, with special reference to the formation of silty clay concentration features. *Geoarchaeol.* 29:326-348.
- León, M., Arroyo, M. 2011. *Producción, tecnología y comercialización del arroz en Costa Rica. 1950-2005. 133 p. Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas (IICE), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.*
- Leurquin, P. 1967. Rice in Colombia, a case study in agricultural development. *Food Res. Institute Studies* 7(2):217-303.
- Livarda, R. 2011. Spicing up life in northwestern Europe: exotic food plant imports in the Roman and Medieval world. *Veget. Hist. Archaeobot.* 20:143-164.
- Lu, H., Redus, M., Coburn, J., et al. 2005. Population structure and breeding patterns of 145 U.S. rice cultivars based on SSR marker analysis. *Crop Sci.* 45:66-76.
- Maat, H., van Andel, T. 2018. The history of the rice gene pool in Surinam: circulation of rice and people from the eighteenth century until late twentieth century. *Hist. Agraria* 75:69-71.
- Mallick, R.N. 1982. *Rice in Nepal. Kathmandu. Kala Prakasan.*
- Mantegazza, R., Biloni, M., Grassi, F., et al. 2008. Temporal trends of variation in Italian rice germplasm over the past two centuries revealed by AFLP and SSR markers. *Crop Sci.* 48:1832-1840.

- Martínez, C., Grenier, C., Lorieux, M., et al. 2014. Rice breeding in Latin America. *Plant Breed. Rev.* 38:187-276.
- Mateo, M.A. 1923. Apuntaciones históricas de Xoxutla a Tlaquiltenango. p. 94-107. Imprenta Victoria, México, D.F.
- Mikhailovna, N. 2014. Weather anomalies and the formation of rice yield in the South of the Russian Far East. *Adv. Env. Biol.* 8: 88-93.
- Miller, N. 1981. Plant remain from Ville Royale II, Susa. *Cahiers de la Délégation Archéologique Française en Iran* 12:137-142.
- Miller, N. 2011. An archeobotanical perspective on environment, plant use, agriculture, and interregional contact in South and Western Iran. *Iran. J. Archaeol. Stud.* 1:1-8.
- Miyamoto, K. 2014. The initial spread of early agriculture into Northeast Asia. *Asian Archaeol.* 3:1-12.
- Miyamoto, K. 2016. Archaeological explanation for the diffusion theory of the Japonic and Koreanic languages. *Jpn. J. Archaeol.* 4:53-75.
- Miyamoto, K. 2019. The spread of rice agriculture during the Yayoi period: from the Shandong Peninsula to the Japanese Archipelago via Korean Peninsula. *Jpn. J. Archaeol.* 6:109-124.
- Mongiano, G., Titone, P., Tamborini, L. et al. 2018. Evolutionary trends and phylogenetic association of key morphological traits in the Italian rice varietal landscape. *Sci. Rep.* 8: 13612.
- Montero, L. 1930. El cultivo de arroz en el Perú. *Boletín de la Compañía Administradora de Guano* 6:577-660.
- Murphy, C., Weisskopf, A., Bohingamuwa, W., et al. 2018. Early agriculture in Sri Lanka: New archaeobotanical analyses and radiocarbon dates from the early historic sites of Kirinda and Kantharodai (Kandarodai). *Archaeol. Res. Asia* 16:88-102.
- Muthukumar, S. 2014. Between archaeology and text: the origins of rice consumption and cultivation in the Middle East and the Mediterranean. *Papers from the Institute of the Archaeology* 24(1):1-7.
- Nelson, S. 1982. The Effects of rice agriculture on prehistoric Korea. *J. Asian Studies* 41:531-543.
- Nesbitt, M. 2010. History of rice in Western and Central Asia. p. 312-344. In Sharma, S. (ed.) *Rice: Origin, Antiquity and History*. NH Science Publishers, Enfield, New Hampshire, USA.
- Norton, C. 2007. Sedentism, territorial circumscription, and the increased use of plant domesticates across Neolithic-Bronze Age Korea. *Asian Perspectives* 46:133-2165.
- Ntanos, D. 1997. Rice production and research in Greece. In Chataigner J. (ed.) *Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen*. *Cah. Options Méditerr.* 24:127-133.
- Ntanos, D. 2001. Evolution of rice research and production in Greece. *Rice Commun. Newsl.* 50:43-48.
- Oka, H. 1988. *Indica-Japonica* differentiation of rice cultivars. p. 141-179. In *Origin of cultivated rice*. *Developments in crop science* 14. Jpn Sci. Soc. Pres. Elsevier N.Y. 254p.
- Ortiz, A., López, L. 2012. El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. p. 86-108. *Alcance* (Edición especial Dic 2012).
- Ortiz, I., Soliz, L. 2007. El arroz en Bolivia. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA), Santa Cruz, Bolivia.
- Osuna, F.J. 1993. Estudios agronómicos en arroz de trasplante en Morelos. p. 37-51. En *Modernización de la tecnología de producción de arroz*. Memoria del Seminario INIFAP-JICA. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), Zacatepec, Morelos, México.

- Osuna, F.J., Hernández, L., Salcedo, J., et al. 2000. Manual para la producción de arroz en la región Central de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro, México.
- Oxenham, M., Piper, P., Bellwood, P., et al. 2015. Emergence and diversification of the Neolithic in Southern Vietnam: insights from Coastal Rach Nui. *J. (s) Coastal Archaeol.* 10:309-338.
- Páez, O. 2004. El cultivo del arroz en Venezuela. Serie Manuales de Cultivo INIA N°1. 202 p. República Bolivariana de Venezuela, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Maracay, Venezuela.
- Park, J., Park, J., Yi, S. et al. 2019. Abrupt Holocene climate shifts in coastal East Asia, including the 8.2 ka, 4.2 ka, and 2.8 ka BP events, and societal responses on the Korean peninsula. *Sci. Rep.* 9:10806.
- Parveen, S., Childs, N., Wailes, E., et al. 1994. The US rice industry. *Agric. Econ. Rep. Nr AER-700.* 162 p. USDA, Economic Research Service, Washington, D.C., USA.
- Patiño, V. 1969. Arroz p. 73-83. En *Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. Tomo IV. Plantas Introducidas. 1ª Edición.* Cali. Imprenta departamental, Colombia. <http://babel.banrepcultural.org/cdm/ref/collection/p17054coll10/id/3197>.
- Peixoto, A. 1925. La Culture du Riz dans l'Etat de Santa-Catharina (Brasil). *Riz et Riziculture* 1:255-268.
- Piacco, R. 1959. Le prime varietà di riso cultivate in Italia. *Il Riso* 8:12-13.
- Pieters, A. Graterol, E., Reyes, E., et al. 2011. Cincuenta años de mejoramiento genético del arroz en Venezuela. ¿Que se ha logrado? *Interiencia* 36:943-948.
- Platt, R. 1935. Coffee plantations of Brazil: a comparison of occupancy patterns in established and frontiers areas. *Geographical Rev.* 25:231-239.
- Posada, D. 1992. Rice production in Uruguay. Historical analysis. In Cuevas-Pérez, F. (ed.) *Improvement, management, and marketing. Proceedings of the International Conference for Latin America and the Caribbean, Villa Hermosa, Tabasco, México, 1991.* Publication N°209. 288p. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Premathilake, R. 2006. Relationship of environmental changes in central Sri Lanka to possible prehistoric land-use and climate changes. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.* 240:468-496.
- Premathilake, R., Hunt, C., Parera, N., et al. 2017. Late Pleistocene humans used rice in Sri Lanka: Phytolith investigation of the deposits at Fahein Rock Shelter. *Glob. J. Hum. Soc. Sci.* 17(2):19-29.
- Prochazka, G. 1988. Reseña de la producción y comercialización del arroz en el Perú y propuesta metodológica para evaluar pérdidas poscosecha. *Publicación Miscelánea N°A3/PE-88-011.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica.
- Pureco, J., García, A. 2017-2018. Del Estado al mercado. La tendencia general de la producción de arroz en México, 1930-2010. *Letras Históricas. Universidad de Guadalajara* 17:157-183.
- Rabelo, H., Guimarães, J., Pinheiro, J., et al. 2015. Genetic base of Brazilian irrigated rice cultivars. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 15:146-153.
- Rahman, M., Castillo, C., Murphy, C., et al. 2020. Agricultural systems in Bangladesh: the first archaeobotanical results from Early Historic Wari-Bateshwar and Early Medieval Vikrampura. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 12:37.
- Rahman, M., Murphy, C., Weisskopf, A., et al. 2019. Wari-Bateshwar and Vikrampura: successful case studies in archaeobotany, Bangladesh. *Man Environ.* 44(1):62-72.
- Reed, K., Leleković, T. 2017. First evidence of rice (*Oryza cf. sativa* L.) and black pepper (*Piper nigrum*) in Roman Mursa, Croatia. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 11:271-278.

- Rengger, J. 2010. Viaje al Paraguay en los años 1916 a 1826. Traducción Alfredo Tomasini y José Braunstein. Editorial Tiempo de Historia. Asunción, Paraguay.
- Reyes, N. 1970. Situación actual del arroz en Honduras. In Montoya, L. (coord.) Reunión técnica sobre programación de la investigación y extensión agrícola en arroz para América Central. Vol. 1. Panamá. 21-25 septiembre. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica.
- Reyes, N., Candia, R. 1991. Mejoramiento de arroz en Santa Cruz-Bolivia. p. 19-27. En Puignau, J.P. (ed.) Mejoramiento del arroz. Diálogo XXXIII. Programa Cooperativo para El Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur, PROCISUR, IICA, Montevideo, Uruguay.
- Rimache, M. 2008. Cultivo del arroz. Colección de cereales. Empresa Editorial Macro, Miraflores, Perú.
- Robertson, C. 1935. Italian rice production in its regional setting. *Geography* 20:13-27.
- Robertson, C. 1938. Agricultural regions of the North Italian Plain. *Geographical Rev.* 28:573-596.
- Romero, G.C. 2000. Breve historia de la Nao de Manila. www.mexicodesconocido.com.mx/mex_tiem/mt980802.htm.
- Rosen, A., Chang, C., Grigoriev, P. 2000. Palaeoenvironments and economy of Iron Age Saka-Wusun agro-pastoralists in Southeastern Kazakhstan. *Antiquity* 74:611-623.
- Rowley-Conwy, P. 2011. Westward Ho! The Spread of Agriculturalism from Central Europe to the Atlantic. *Curr. Anthropol.* 52(S4):S431-S451.
- Rutger, J. 1998. Mission of the Dale Bumpers National Rice Research Center. p. 7-12. In Rutger, J., Robinson, J., Dilday, R. (eds.) Proceedings of the International Symposium on Rice germplasm evaluation and enhancement. Arkansas Agricultural Experimental Station, Fayetteville, Arkansas, USA.
- SAG. 2003. Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), Comayagua, Honduras.
- Sales, C.O. 2000. El puerto de Acapulco, enlace con Filipinas, destino final en América. www.mexicodesconocido.com.mx/mex_tiem/mt980803.htm.
- Sandoval, C., Velásquez, K. 2017. Análisis de la producción de arroz en Nicaragua en los años 2009-2015. 92 p. Tesis Monográfica Licenciado en Economía. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias Económicas, Departamento de Economía, Managua, Nicaragua.
- Santamaría, G. 1970. Situación actual del arroz en Guatemala. In Montoya, L. (coord.) Reunión técnica sobre programación de la investigación y extensión agrícola en arroz para América Central. Vol. 1. Panamá. 21-25 septiembre. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica.
- Sarjeant, C. 2014. Neolithic archaeology in Southeast Asia p. 17-34. In Contextualizing the Neolithic occupation of Southern Vietnam: the role of ceramics and potters at An Son: ANU Press. The Australian National University. Canberra, Australia.
- Sattar, S. 2000. Bridging the rice gap in Bangladesh. In Papademetriou, M., Dent, F., Herath, E. (eds.) Bridging the rice yield gap in the Asia-Pacific Region. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.
- Scarpati, O., Capriolo, A., Puga, Y. 2016. Producción arrocería y evolución de elementos climáticos en la provincia de Corrientes (Argentina). *Estudios Geográficos* 27:311-331. doi:10.3989/estgeogr.201611.
- Schiller, J., Hatsadong, M., Doungsila, K. 2006. A history of rice in Laos. In Schiller, J.M., Chanphengxay, M.B., Linquist, B., et al. (eds.) Rice in Laos. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines.

- Schultz, E. 1932. El cultivo de arroz en Tucumán. Bol. Est. Exp.Agric. Tucumán 18:1-11.
- Sermet, J. 1953a. Le riz au Portugal. Ann. Géographie 331: 221-222. https://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1953_num_62_331_14054#
- Sermet, J. 1953b. Progrès de la riziculture en Espagne. Ann. Géographie 331:222-224.
- Serulle, J., Boin, J. 2010. Evolución económica de la República Dominicana, 1884-1930. p. 141-204. En Pons, F.M. (coord.) Historia de la República Dominicana. Historia de las Antillas. Vol. II. Ediciones Doce Calles, S.L., Madrid, España.
- Shahzadi, N., Haider, Z., Akhter, M., et al. 2018. Rice in Pakistan: Present scenario, trade, problems and prospects. Res. Rev. J. Agric. Allied Sci. RRJAAS 7:98-103.
- Sharma, S. (ed.) 2010. Rice: Origin, antiquity and history. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Shim, B. 1991. Prehistoric rice cultivation in Korea. J. Korean Archaeol. Soc. 27:5-57.
- Shinada, H., Yamamoto, T., Yamamoto, E., et al. 2014. Historical changes in population structure during rice breeding programs in the northern limits of rice cultivation. Theor. Appl. Genet. 127:995-1004.
- Shrestha, S. 2004. An economic impact assessment of the rice research program in Bhutan. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines.
- Silva, F., Stevens, C., Weisskopf, A., et al. 2015. Modeling the geographical origin of rice using the rice archaeology database. PLoS ONE 10:e0137024.
- Simon-Kiss, I. 1979. Rice production and consumption in Hungary. In Chataigner, J. (ed.) Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen. CIHEAM, Montpellier, France. Cah. Options Mediterr. 24:136-138.
- Snow, B., Shutler, R., Nelson, D., et al. 1986. Evidence of early rice cultivation in the Philippines. Philippine Quarterly of Culture and Society 14:3-11.
- Soares, A., Soares, P., Castro, E., et al. 2004. Melhoramiento genético de arroz em Minas Gerais. Informe Agropecuario 25:19-23.
- Son, Z. 2013. Problems of development of agriculture (rice) in the Soviet Far East (1920-1930): The example of the Soviet Koreans. J. Incheon Culture, Seoul 10:56-70.
- Spada, A., Mantegazza, R., Biloni, M., et al. 2004. Italian rice varieties: historical data, molecular markers and pedigrees to reveal their genetic relationships. Plant Breed. 123:105-111.
- Spijkers, P. 1983. History of the introduction and diffusion of rice in Colombia. p. 43-76. In Rice peasants and rice research in Colombia. Wageningen, The Netherland. 263 p.
- Suárez, E. 2012. Programa de mejoramiento genético del arroz en Cuba. Instituto de Investigaciones de Granos, Ministerio de Agricultura, Cali, Colombia.
- Sukhomirov, G. 2018. Rice Growing in the Russian Far East: Development, problems, prospects. Regionalistica [Regionalistics] 5: 45-57. (En Ruso)
- Sürek, H. 1997. Rice production and research activities in Turkey. In Chataigner, J. (ed.) Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen. Cahiers Option Médit. 24:165-173.
- Surface, G. 1911. Rice in the United States. Bull. Am. Geogr. Soc. 43:500-509.
- Tabien, R., Samonte, S., McClung, A. 2008. Forty-eight years of rice improvement in Texas since the release of cultivar Bluebonnet in 1944. Crop Sci. 48:2097-2106.
- Takahashi, M. 1980. The history and future of rice cultivation in Hokkaido. 15 p. The United Nations University, Tokyo, Japan.

- Takamiya, H. 2001. Introductory routes of rice to Japan: An examination of the Southern route hypothesis. *Asian Perspectives* 40:209-226.
- Tanaka, K., Honda, T., Ishikawa, R. 2010. Rice archaeological remains and the possibility of DNA archaeology: Examples from Yayoi and Heian periods of Northern Japan. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 2:69-78.
- Tinoco, R., Acuña, A. 2008. El cultivo del arroz (*Oryza sativa*). Manual de recomendaciones del cultivo de arroz. 78 p. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Agropecuaria (INTA), San José, Costa Rica.
- Tinsley, 1995. Rice research and production in the Commonwealth of Independent States (CIS). IRRI Discussion Paper Series N° 9. p. 1-14. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines.
- Travis, A., Norton, G., Datta, S., et al. 2015. Assessing the genetic diversity of rice originating from Bangladesh, Assam and West Bengal. *Rice* 8:35.
- Vaca, L. 1970. Situación actual del arroz en Nicaragua. In Montoya, L. (coord.) Reunión técnica sobre programación de la investigación y extensión agrícola en arroz para América Central. Vol. 1. Panamá, 21-25 septiembre. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica.
- Van Andel, T. 2010. African rice (*Oryza glaberrima* Steud.): lost crop of the enslaved Africans discovered in Suriname. *Econ. Bot.* 64:1-10.
- Van Andel, T., Meyer, R., Aflitos, S., et al. 2016. Tracing ancestor rice of Suriname Maroons back to its African origin. *Nat. Plants* 2:16149.
- Van Andel, T., Veltman, M., Bertin, A., et al. 2019. Hidden rice diversity in the Guianas. *Front. Plant Sci.* 10:1161.
- Vanna, L. 2002. Remains in the prehistoric pottery tempers of the shell midden site of Samrong Sen: Implication for early rice cultivation in Central Cambodia. *Aséanie* 9:13-34.
- Vargas, A. 1970. Situación actual del arroz en Costa Rica. In Montoya, L. (coord.) Reunión técnica sobre programación de la investigación y extensión agrícola en arroz para América Central. Vol. 1. Panamá, 21-25 septiembre. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica.
- Viegas, G., Germek, E., Miranda, H. 1945. Contribuição para a melhora da rizicultura no Estado de São Paulo. *Bragantia* 5:187-196.
- Vijulie, I., Manea, G., Tîrlă, L. et al. 2016. Revival of the rice crops in the south of Romania: Pros and cons. *Procedia Environ. Sci.* 32: 373-385.
- Von Chang, C. 1970. Situación actual del arroz en Panamá. In Montoya, L. (coord.) Reunión técnica sobre programación de la investigación y extensión agrícola en arroz para América Central. Vol. 1. Panamá 21-25 septiembre. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica.
- Weber, S., Fuller, D. 2008. Millets and their role in early agriculture. *Pradghara* 18:69-90.
- Weber, S., Lehman, H., Barela, T., et al. 2010. Rice or millet: early farming strategies in prehistoric Central Thailand. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 2:79-88.
- Weisskopf, A. 2016. Elusive wild foods in South East Asian subsistence: Modern ethnography and archaeological phytoliths. *Quat. Int.* 1-11.

- Wissemann, J. 2007: Water and rice in early Java and Bali. p. 235-258. In Boomgaard, P. (ed.) A world of water: rain, rivers and seas in Southeast Asian histories. Brill, 2007.
- Wohlfarth, B., Higham, C., Yamoah, K., et al. 2016. Human adaptation to mid-to late-Holocene climate change in Northeast Thailand. *The Holocene* 26:614-626.
- Zach, B. 2002. Vegetable offerings on the Roman sacrificial site in Mainz, Germany - short report on the first results. *Veget. Hist. Archaeobot* 11:101-106.
- Zelensky, G. 2016. Biological principles of rice breeding p. 73-105. In *Rice: Biological principles of breeding and farming practices*. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Kuban State Agrarian University, Krasnodar. 230p.
- Zhang, C., Hung, H. 2013. Eastern Asia: archaeology. p. 209-216. In Ness, I., Bellwood, P. (eds.) *Encyclopedia Human Migration*. Vol. 1: Prehistory. N. Y. Willey-Blackwell.
- Zheng, Y., Crawford, G., Jiang, L., et al. 2016. Rice domestication revealed by reduced shattering of archaeological rice from the Lower Yangtze valley. *Nat. Sci. Rep.* 6:28136.
- Zohary, D., Hopf, M. 2000. *Domestication of plant in the Old World*. 3rd ed. Oxford University Press, New York, USA.